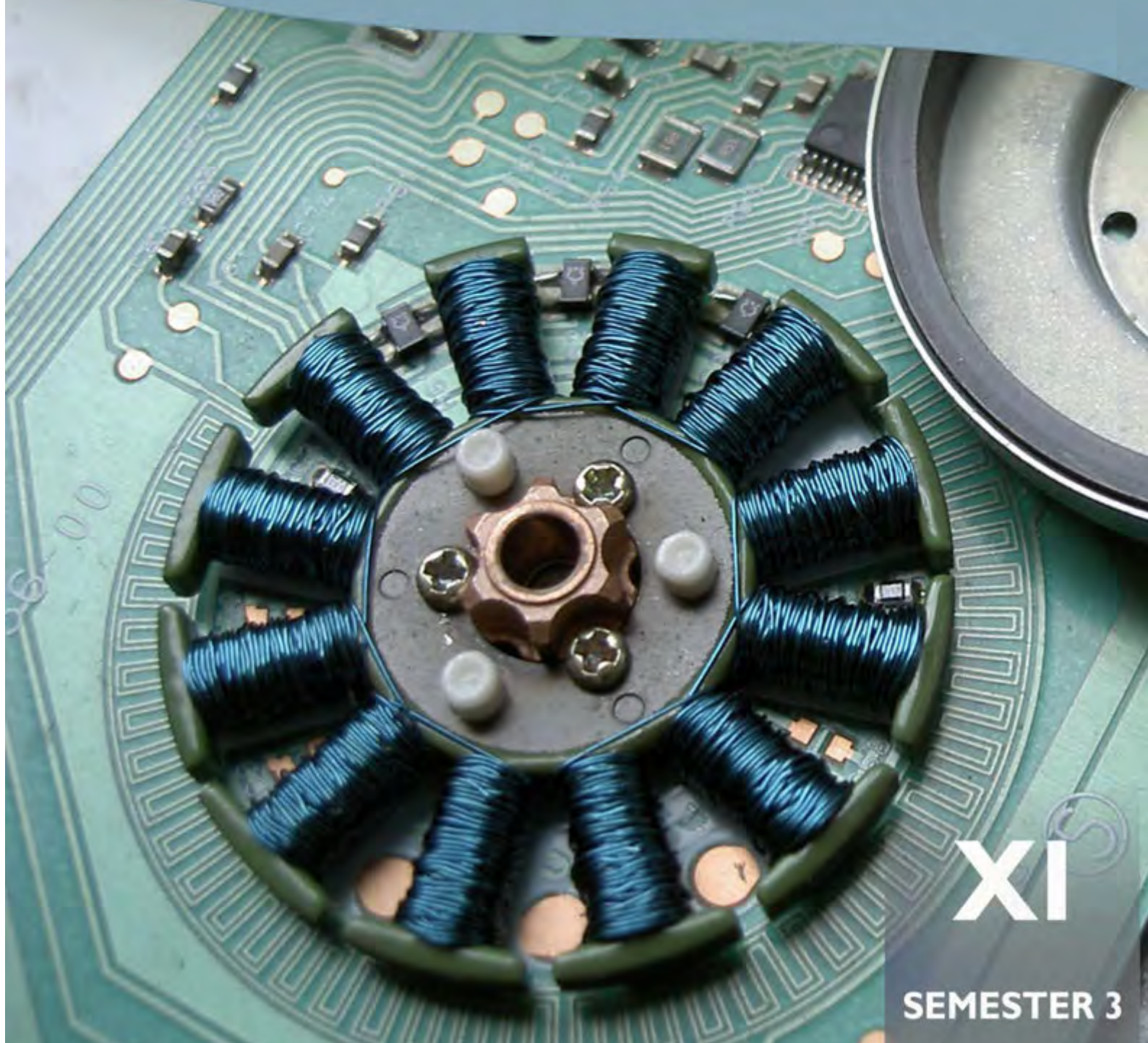
AIRCRAFT HYDRAULIC MANUFACTURE

XI

SEMESTER 3

KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 adalah kurikulum berbasis kompetensi. Didalamnya dirumuskan secara terpadu kompetensi sikap, pengetahuan dan keterampilan yang harus dikuasai peserta didik serta rumusan proses pembelajaran dan penilaian yang diperlukan oleh peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diinginkan.

Faktor pendukung terhadap keberhasilan Implementasi Kurikulum 2013 adalah ketersediaan Buku Siswa dan Buku Guru, sebagai bahan ajar dan sumber belajar yang ditulis dengan mengacu pada Kurikulum 2013. BukuSiswa ini dirancang dengan menggunakan proses pembelajaran yang sesuai untuk mencapai kompetensi yang telah dirumuskan dan diukur dengan proses penilaian yang sesuai.

Sejalan dengan itu, kompetensi keterampilan yang diharapkan dari seorang lulusan SMK adalah kemampuan pikir dan tindak yang efektif dan kreatif dalam ranah abstrak dan konkret. Kompetensi itu dirancang untuk dicapai melalui proses pembelajaran berbasis penemuan (*discovery learning*) melalui kegiatan-kegiatan berbentuk tugas (*project based learning*), dan penyelesaian masalah (*problem solving based learning*) yang mencakup proses mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, mengasosiasi, dan mengomunikasikan. Khusus untuk SMK ditambah dengan kemampuan mencipta .

Sebagaimana lazimnya buku teks pembelajaran yang mengacu pada kurikulum berbasis kompetensi, buku ini memuat rencana pembelajaran berbasis aktivitas. Buku ini memuat urutan pembelajaran yang dinyatakan dalam kegiatan-kegiatan yang harus **dilakukan** peserta didik. Buku ini mengarahkan hal-hal yang harus **dilakukan** peserta didik bersama guru dan teman sekelasnya untuk mencapai kompetensi tertentu; bukan buku yang materinya hanya dibaca, diisi, atau dihafal.

Buku ini merupakan penjabaran hal-hal yang harus dilakukan peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan. Sesuai dengan pendekatan kurikulum 2013, peserta didik diajak berani untuk mencari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Buku ini merupakan edisi ke-1. Oleh sebab itu buku ini perlu terus menerus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan.

Kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan pada edisi berikutnya sangat kami harapkan; sekaligus, akan terus memperkaya kualitas penyajian buku ajar ini. Atas kontribusi itu, kami ucapkan terima kasih. Tak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada kontributor naskah, editor isi, dan editor bahasa atas kerjasamanya. Mudah-mudahan, kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan menengah kejuruan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045).

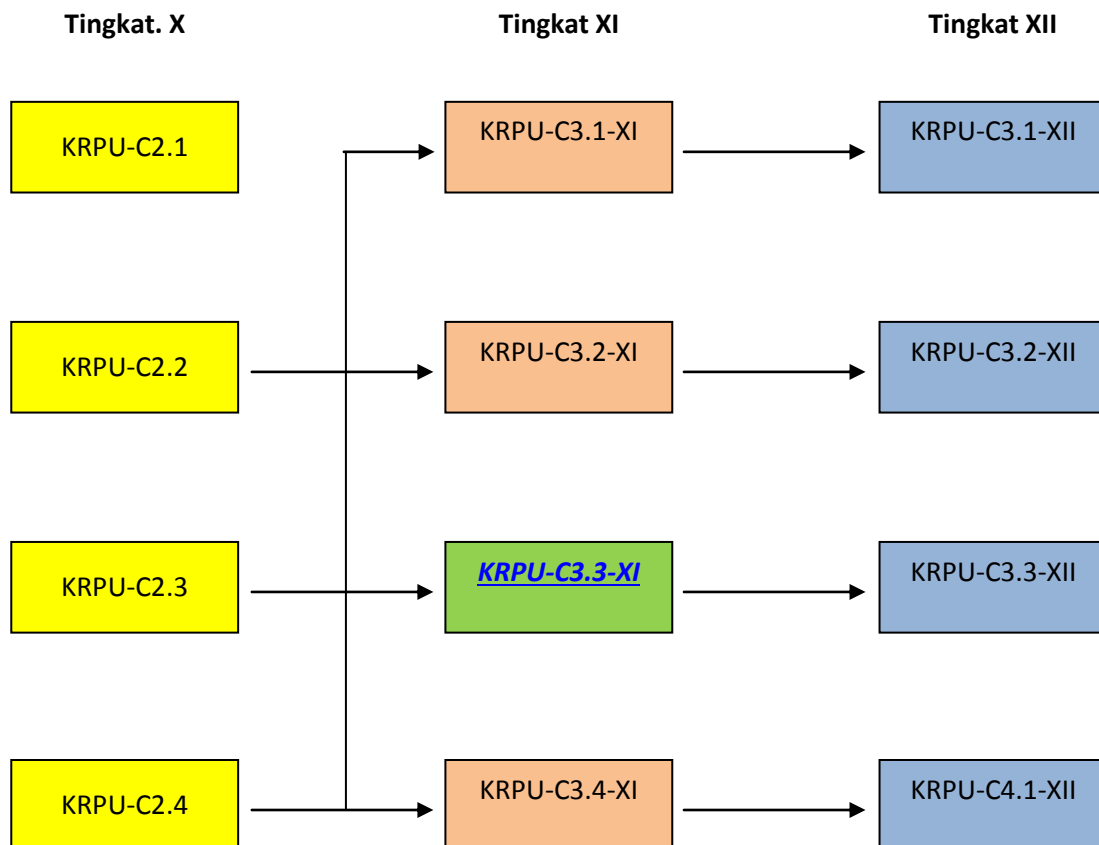
Jakarta, Januari 2014

Direktur Pembinaan SMK

Drs. M. Mustaghfirin Amin, MBA

DAFTAR ISI

PETA KEDUDUKAN BAHAN AJAR

Diagram berikut ini menunjukan tahapan atau tata urutan penyampaian Bahan Ajar untuk Program Keahlian Konstruksi Rangka Pesawat Udara (KRPU) atau *Airframe Mechanic* (*AFM*) yang akan dipergunakan dalam pelatihan para siswa dalam kurun waktu 3 tahun dari tingkat X sampai dengan tingkat XII.

Keterangan:

KRPU-C2.1 = Simulasi Digital

KRPU-C2.2 = Basic Aircraft Technology and Knowledge (BATK)

KRPU-C2.3 = Basic Skills

KRPU-C2.4 = Aerodynamics and Flight Control (AFC)

KRPU-C3.1-XI = KRPU-C3.1-XII = Aircraft Drawing & CAD

KRPU-C3.2-XI = KRPU-C3.2-XII = Aircraft Manufacture & Assy Part

KRPU-C3.3-XI = KRPU-C3.3-XII **= *Aircraft Hydraulic & Pneumatic System***

KRPU-C3.4-XI = KRPU-C3.4-XII = Aircraft Material Composite

GLOSARIUM

Accumulator: peralatan untuk menyimpan cairan bertekanan, biasanya terdiri dari suatu ruangan terpisah terdiri gas dan cairan dengan menggunakan kantong, piston atau diafragma. Akumulator juga menghaluskan lonjakan tekanan yang keluar dalam sistem hidraulik.

Actuating cylinder (Actuator): peralatan untuk mengubah tenaga hidraulik menjadi gaya dan gerakan mekanik lurus.

Actuating cylinder, double-action: silinder penggerak dimana kedua langkah dihasilkan oleh cairan bertekanan.

Actuating cylinder, single-action: silinder penggerak dimana satu langkah dihasilkan oleh cairan bertekanan dan langkah lainnya dihasilkan oleh beberapa gaya yang lain, misalnya oleh gaya gravitasi atau tekanan pegas.

Acuan penilaian: Pernyataan kondisi dan kontek sebagai acuan dalam melaksanakan penilaian.

Additive: Bahan kimia yang ditambahkan pada minya untuk mempertinggi kwalitas atau untuk memperoleh suatu sifat yang dbutuhkan.

Angular piston pump: pompa hidraulik yang memiliki blok silinder yang ditempatkan pada suatu sudut ke pelat poros penggerak dimana piston terpasang. Konfigurasi sudut menyebabkan piston melangkah begitu poros pompa dihidupkan.

Baffle: pelat logam yang dipasang pada reservoir untuk menjaga cairan dari berputar dan bergelombang.

Bladder: tas karet sintetis yang dimasukkan pada sebuah akumulator untuk menahan muatan udara.

Bypass valve: katup yang digunakan untuk memungkinkan cairan mengalir di sekitar elemen penyaringan jika elemen menjadi tersumbat.

Cam pump: jenis pompa hidraulik yang menggunakan cam yang menyebabkan menekan pada piston.

Check valve: katup yang memungkinkan aliran fluida dalam satu arah, tetapi mencegah aliran dalam arah sebaliknya.

Closed-center valve: jenis katup yang memiliki saluran tekanan yang diblokir untuk aliran fluida ketika katup dalam posisi OFF.

Conductor: penghubung berupa selang atau pipa yang menghubungkan satu komponen dengan komponen lain sehingga terwujud satu rangkaian hidraulik.

Connector: alat pengikat atau penjepit (fitting) untuk mengikatkan (menyambungkan) konduktor ke komponen.

Control Valve: Katup yang digunakan untuk mengendalikan/mengatur keluar masuknya fluida pada silinder hydraulik

Cooller: Suatu komponen yang berfungsi untuk mendinginkan fluida

Cracking pressure: tekanan pound per inci persegi tekanan di mana perangkat pengkatupan dari katup relief tekanan membersihkan kedudukannya yang hanya cukup untuk memungkinkan cairan merembes melaluinya.

Diaphragm: perangkat karet sintetis yang membagi akumulator menjadi dua kompartemen yang terpisah, satu untuk udara dan yang lainnya untuk cairan.

D C V: *directional control valve* = katup pengarah

Displacement: volume cairan yang dapat melewati pompa, motor atau silinder dalam sebuah putaran atau langkah tunggal.

Double-action actuating cylinder: Lihat silinder penggerak, kerja ganda.

Drive coupling: perangkat yang mentransmisikan torsi dari unit penggerak ke drive poros pompa hidraulik yang digerakkan.

Fitting: Sambungan antara pipa dengan selang dalam sistim hydraulik.

Fluida: Zat yang berbentuk cair atau gas yang digunakan pada sistim Hydraulik.

Efficiency: perbandingan antara daya output dengan daya input, umumnya dinyatakan sebagai persentase.

Energy: kemampuan atau kapasitas untuk melakukan pekerjaan.

Filter: perangkat yang digunakan untuk menghilangkan kontaminan atau pencemar atau kotoran dari cairan hidraulik.

Fixed-displacement pump: pompa di mana volume cairan per siklus tidak dapat bervariasi.

Fluid: cairan, atau gas, atau campurannya.

Hydraulics: cabang mekanik atau teknik yang berhubungan dengan kerja atau penggunaan tenaga cairan bertekanan melalui tabung atau saluran di bawah tekanan untuk mengoperasikan berbagai mekanikme.

Irreversible valve: perangkat yang digunakan bersamaan dengan servo untuk memblokir umpan balik.

Keselamatan dan Kesehatan Kerja dan Lingkungan (K3L): Peraturan –peraturan yang berlaku berdasarkan pada landasan hukum yang berkaitan dengan aktifitas di lingkungan kerja, Bengkel, dan Industri secara spesifik maupun umum.

Kompetensi: Kemampuan seseorang yang dapat diobservasi yang mencakup atas pengetahuan, keterampilan dan sikap dalam menyelesaikan suatu pekerjaan atau tugas sesuai dengan standar kinerja yang ditetapkan.

Kriteria unjuk kerja: Pernyataan sejauh mana sub kompetensi yang dipersyaratkan tersebut terukur berdasarkan pada tingkat yang diinginkan .

Land: permukaanhalus yang dikerjakan dengan mesin pada spool dari katup pemilih spool.

Micron: sepersejuta meter, atau sekitar 0.00004 inci.

Oil: Fluida hydraulik yang terbuat dari berbagai bahan dasar minyak

Oksidasi: Persenyawaan kimia antara oksegen (O2) dengan unsur-unsur lainnya.

Open-center valve: jenis katup yang memiliki lintasan tekanan yang terbuka untuk kembali ketika katup dalam posisi OFF.

Orifice: perangkat yang digunakan untuk membatasi aliran fluida dalam rangka untuk memperlambat pengoperasian komponen.

P&IDs: singkatan dari *Piping and Instrumentation Diagrams,* yaitu diagram sistem pemipaan dan sistem instrumentasi.

Pilot valve: katup yang digunakan untuk mengendalikan operasi katup lain, atau spool pada katup pemilih.

Piston: bagian dari silinder penggerak, servo, atau motor dimana cairan hidraulik bekerja melawannya. Dalam pompa, piston bekerja melawan cairan.

Poppet: perangkat katup mirip dengan katup yang ditemukan di mesin mobil.

Port: lubang untuk pemasukan atau pengeluaran cairan hidraulik.

Power: Tenaga yang menunjukkan tingkat pekerjaan yang dilakukan atau energi yang dikeluarakan melakukan pekerjaan atau mengeluarkan energi.

Pressure: jumlah gaya yang didistribusikan ke masing-masing satuan luas dinyatakan dalam pound per square inch (psi).

Pressure reducer: perangkat untuk menurunkan tekanan dalam sistem hidraulik agar memungkinkan komponen untuk beroperasi pada tekanan yang lebih rendah dari seluruh sistem.

Pressure relief valve: katup kontrol tekanan yang digunakan untuk menjaga tekanan sistem tidak melebihi batas yang telah ditentukan.

Pressure switch: saklar listrik yang dioperasikan oleh kenaikan atau penurunan tekanan fluida.

Priority valve: katup yang digunakan untuk menyalurkan cairan ke komponen yang membutuhkan penyelesaian kerja secara segera ketika penurunan aliran dan tekanan sistem normal terjadi.

Pump: perangkat yang berfungsi mengubah energi mekanik menjadi energi fluida.

Ratchet valve: katup yang digunakan dengan silinder aktuator kerja ganda untuk membantu silinder menahan beban dalam posisi yang dipilih oleh operator.

Relief Valve: Katup yang berfungsi untuk mengatur sistem agar bekerja secara halus dan bekerja tanpa tersendat-sendat.

Reservoir: tempat yang berfungsi melayani terutama sebagai sumber pasokan cairan untuk sistem hidraulik.

Seal: Ring yang terbuat dari karet yang berfungsi sebagai perapat pada sistim hydraulik

Selector valve: katup yang digunakan untuk mengontrol arah pergerakan dari suatu unit penggerak.

Selenoid: salah satu bentuk penggerak katup yang bekerjanya menggunakan prinsip elektro magnetik. Jadi dikendalikan secara elektris.

Servo: perangkat yang digunakan untuk mengonversi gerakan kecil menjadi gerakan atau gaya yang lebih besar

Silinder hidraulik: salah satu bentuk unit penggerak yang menghasilkan gerak lurus.

Sloppy link: titik interkoneksi antara kontrol linkage, katup pilot, dan batang piston servo pada servo.

Spool: piston katup pada jenis katup geser yang berfungsi untuk membuka dan menutup katup.

Standar Kompetensi: Kesepakatan tentang Kompetensi yang diperlukan pada suatu bidang pekerjaan oleh seluruh stake holder di bidangnya,atau perumusan tentang kemampuan yang harus dimiliki seseorang untuk melakukan tugas atau pekerjaan yang didasari atas pengetahuan keterampilan dan sikap kerja sesuai dengan unjuk kerja yang dipersyaratkan.

Standpipe: pipa yang terletak di reservoir dimana sistem hidraulik utama menarik cairan ini.

Stroke: jarak piston bergerak dalam lubang silinder dari bawah ke atas, atau satu gerakan piston dari satu ujung langkah ke ujung yang lain.

Thermal expansion: peningkatan volume zat karena perubahan suhu.

Tube: salah satu bentuk konduktor/penghubung pada sistem hidraulik yang berbentuk pipa yang umumnya terbuat dari tembaga dan bersifat seni fleksibel.

Variable-delivery pump: jenis pompa di mana volume cairan per siklus dapat bervariasi.

BAB I

PENDAHULUAN

A. DESKRIPSI

Buku ini dirancang untuk menyediakan bahan pembelajaran pada Program Keahlian Teknik Pesawat Udara, khususnya untuk Paket Keahlian Airframe Mechanic atau Paket Keahlian lainnya yang di dalamnya juga memuat Mata Pelajaran Aircraft Hydraulic & Pneumatic System.

Penjelasan dalam buku teks bahan ajar ini meliputi pengetahuan hidraulik dan pneumatik, penjelasan prinsip-prinsip hidraulik dan studi tentang fluida yang digunakan pada sistem hidraulik pesawat udara.

Pada bagian awal dari buku teks bahan ajar ini dijelaskan tentang teori fisika yang mendasari konsep hidraulik dan sedikit perhitungan yang berkaitan dengan konsep dasar hidraulik.

Sistem satuan yang digunakan pada perhitungan maupun penjelasan lainnya adalah dengan sistem metrik atau yang dikenal dengan Sistem Internasional, disamping itu digunakan pula sistem satuan Imperial atau Sistem British, yang kadang-kadang juga disebut Sistem Teknik. Kedua sistem satuan ini sengaja ditampilkan mengingat kedua sistem ini diakomodir dan digunakan pada industri pesawat terbang sampai masa kini. Sedikit konversi kedua sistem satuan ini diberikan terutama untuk besaran-besar pokok.

Anda juga akan dikenalkan pada dasar-dasar pemipaan hidraulik, teknik pembuatan saluran pipa dan selang (*hose*), prinsip-prinsip penginstalasian saluran hidraulik dan penggunaan sil dan perapat untuk mencegah kebocoran pada sistem pemipaan.

Dari buku ini, Anda juga akan dikenalkan penggunaan sistem hidraulik dan pneumatik pada pesawat udara, komponen-komponen utama dari sistem, fungsi dan cara kerjanya, serta pengetahuan cara pemeliharaannya.

Pada bagian belakang dari buku teks bahan ajar ini diberikan penjelasan tentang cairan hidraulik yang merupakan media kerja dari bekerjanya sistem hidraulik.

Untuk menyelesaikan pembelajaran “Sistem Hidraulik dan Pneumatik Pesawat Udara” (“*Aircraft Hydraulic and Pneumatic System*”) diharapkan Anda dapat menyelesaikan secara urut tahap-tahap pembelajaran mulai dari Kegiatan Belajar 1, 2, 3,

dan seterusnya dengan cara menjawab secara benar setiap pertanyaan maupun tugas-tugas yang diberikan minimal 70 persen dari setiap soal dan tugas yang menyertai setiap kegiatan pembelajaran.

B. PRASYARAT

Berdasarkan peta kedudukan bahan ajar, maka sebelum mempelajari buku teks ini, diharapkan anda telah memahami dan tuntas terlebih dahulu dalam mata pelajaran Basic Aircraft Technology and Knowledge, Basic Skills, dan Aerodynamics and Flight Control.

Selanjutnya untuk bisa mengikuti dan menyelesaikan pembelajaran ini tidak diperlukan syarat-syarat khusus, kecuali hanya beberapa kemampuan berhitung/ matematika dasar, dan pengenalan alat-alat kerja yang juga akan diberikan dan dijelaskan penggunaannya dalam buku ini juga.

C. PETUNJUK PENGGUNAAN BAHAN AJAR

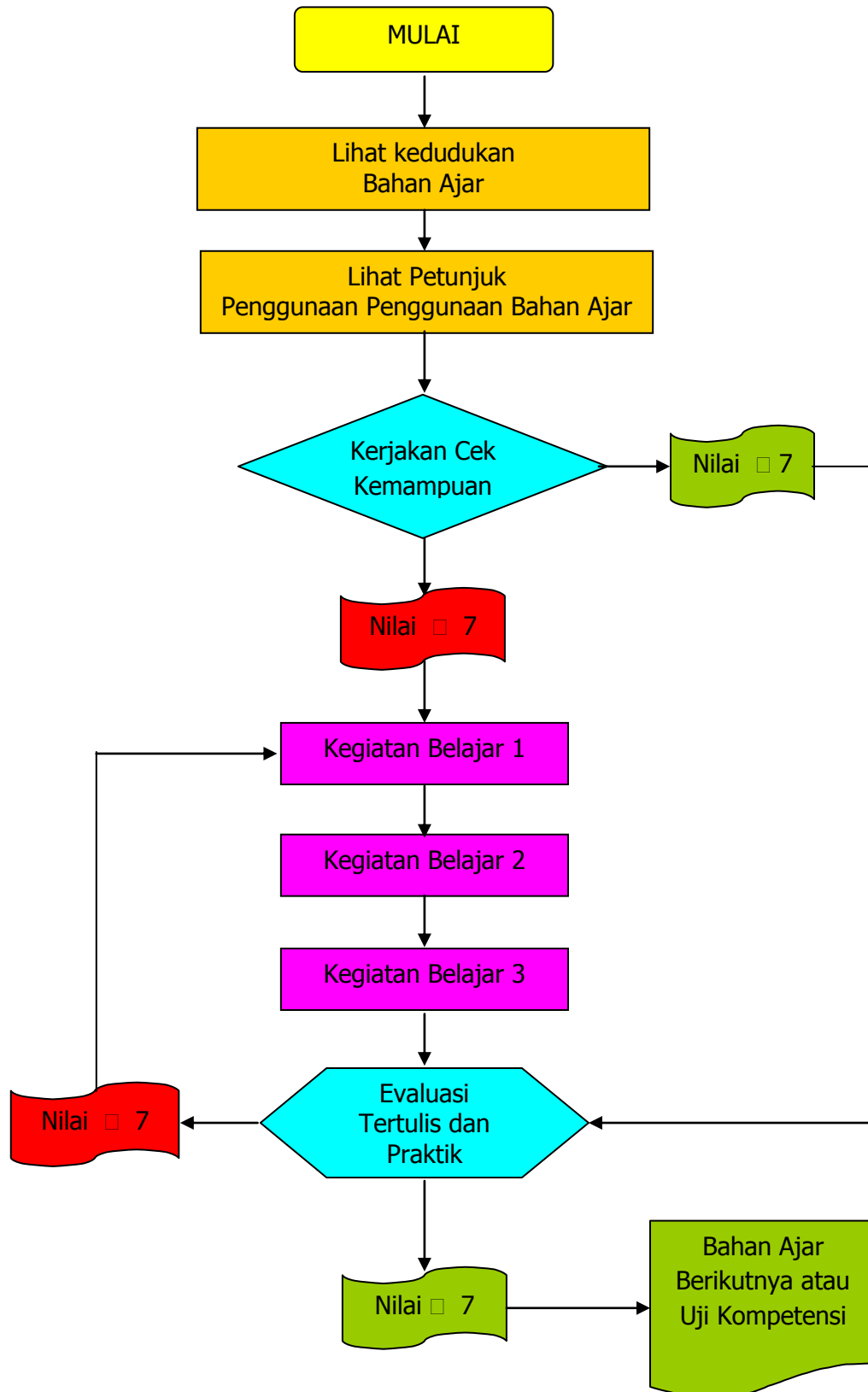
Program pembelajaran pada buku teks ini menggambarkan pembelajaran yang langsung telah disiapkan pada saat ini. Pada situasi kerja anda sendiri diharapkan selalu merujuk pada publikasi dan referensi terbaru.

Penggunaan buku ini harus dilakukan secara sistematis dan bertahap, artinya anda harus membaca untuk memahami setiap kandungan yang ada pada buku ini, mulai dari bagian pendahuluan sampai bagian evaluasi secara tuntas. Jangan memulai pembelajaran mulai dari bagian tengah apalagi memulai di bagian akhir.

Anda diminta melakukan penilain diri (*self assessment*) terlebih dahulu untuk mengetahui kemampuan awal yang telah anda miliki sebelum kemudian melanjutkan pembelajaran ke tahap-tahap berikutnya.

Setiap soal dan tugas yang tercantum pada setiap kegiatan belajar harus dikerjakan dengan minimal harus memperoleh skor 70 persen, baru anda bisa melanjutkan ke tahap berikutnya.

Lakukan proses Pembelajaran dengan mekanikme seperti ditunjukkan pada diagram di bawah ini.

Diagram Mekanikme Pembelajaran

D. TUJUAN AKHIR

Setelah selesai mempelajari buku teks ini diharapkan Anda dapat memahami sekaligus mendemonstrasikan pengetahuan dari konsep dasar, penerapan, karakteristik sistem hidraulik dan pneumatik yang di dalamnya mencakup pemipaan, selang-selang, cairan hidraulik, dan komponen-komponen lain yang bisa membuat komponen sehingga bisa bekerja.

Anda juga diharapkan bisa mengidentifikasi dan menemukan kesalahan pada sistem maupun komponen-komponennya begitu juga dalam pemeliharaan/ perawatan dan perbaikannya.

E. KOMPETINSI INTI DAN KOMPETENSI DASAR

Kompetensi inti dan kompetensi dasar yang harus dicapai setelah mempelajari buku teks ini adalah mengacu pada standar kompetensi dan kompetensi dasar yang tertuang pada silabus implementatif mata pelajaran "*Aircraft Hydraulic and Pneumatic System*". Isinya adalah sebagai berikut:

1. Kompetensi Inti

a. KI 1: Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya

b. KI 2: Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli gotong royong, kerja sama, toleran, damai, santun, responsif dan proaktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.

c. KI 3: Memahami, menerapkan dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.

d. KI 4: Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung

2. Kompetensi Dasar (berdasarkan silabus implementatif)

3.1. Memahami konsep dasar hidraulik dan pneumatik berikut implementasinya pada penggunaan umum dan penerapan di pesawat udara.

4.1. Menyajikan proses menghitung yang berkaitan dengan keuntungan penggunaan tenaga hidraulik dan pneumatik.

3.2. Mengidentifikasi sistem hidraulik dan pneumatik beserta komponen-komponennya untuk keperluan umum atau untuk pesawat udara.

4.2. Menyajikan gambar diagram sistem hidraulik dan pneumatik sederhana yang terdiri dari komponen utama.

3.3. Memahami simbol-simbol komponen dan diagram rangkaian sistem hidraulik dan pneumatik pesawat udara.

4.3. Membuat gambar diagram rangkaian sistem hidraulik dan pneumatik pesawat sederhana dari simbol-simbol komponen yang tersedia berdasarkan instruksi kerja/ sesuai SOP

3.4. Memahami perhitungan bentangan, pembengkokan, dan pembuatan instalasi pemipaan untuk keperluan sistem hidraulik dan pneumatik umum atau untuk pesawat udara.

4.4. Menghitung bentangan, memotong, membengkok, dan membuat instalasi pemipaan sistem hidraulik dan pneumatik untuk keperluan umum atau untuk pesawat udara.

3.5. Memahami teknik pemeriksaan dan perawatan komponen dan sistem hidraulik pneumatik pada pesawat udara.

4.5. Melakukan pemeriksaan dan perawatan komponen dan sistem hidraulik pneumatik pesawat udara.

3.6. Memahami jenis-jenis cairan hidraulik, karakteristiknya, dan penanganannya.

4.6. Mendiagnosa kontaminasi yang terjadi pada berbagai jenis cairan hidraulik dan menjaga agar kualitasnya tetap terjamin.

Catatan:

Angka 3 pada rumusan Kompetensi Dasar menunjukkan kemampuan yang berhubungan dengan Pengetahuan Kognitif.

Angka 4 pada rumusan Kompetensi Dasar menunjukkan kemampuan yang berhubungan dengan Keterampilan Psikomotorik.

F. CEK KEMAMPUAN AWAL

Sebelum mempelajari lebih lanjut Bahan Ajar dengan kode **KRPU-C3.3-XI** (***Aircraft Hydraulic & Pneumatic System***)ini, lakukan penilaian diri (sel assessment) untuk mengetahaui terlebih dahulu kemampuan atau kompetensi yang telah Anda miliki dengan membubuhkan tanda cek (□) pada kolom jawaban "**ya**" atau "**tidak**" dengan sikap jujur, apa adanya, dan dapat dipertanggung jawabkan :

KOMPETENSI DASAR	PERNYATAAN	JAWABAN		BILA JAWABAN 'YA', KERJAKAN
		YA	TIDAK	
Memahami Konsep Dasar Hidraulik dan Pneumatik.	1. Saya dapat menjelaskan metode penggunaan cairan untuk menghasilkan gaya.			Soal Tes Formatif 1.
	2. Saya dapat menjelaskan distribusi besarnya tekanan yang bekerja pada cairan di dalam silinder/kolom terbuka.			
	3. Saya dapat menjelaskan distribusi besarnya tekanan yang bekerja pada cairan di dalam silinder/kolom tertutup di bawah tekanan piston.			
	4. Saya dapat menjelaskan dua fakta mengenai tekanan hidraulik yang ditemukan oleh Joseph Bramah.			
	5. Dengan hukum Paskal, saya dapat menghitung dan menunjukkan cara meningkatkan gaya keluaran (*output force*) dari gaya masukan (*input force*) yang diberikan.			
	6. Saya dapat menjelaskan keuntungan mekanik pada sistem hidraulik.			
	7. Saya dapat menghitung besarnya usaha/energi atau kerja yang dihasilkan oleh gerakan piston akibat tekanan cairan dalam suatu silinder.			

KOMPETENSI DASAR	PERNYATAAN	JAWABAN		BILA JAWABAN 'YA', KERJAKAN
		YA	TIDAK	
	8. Saya dapat membedakan karakteristik fluida yang digunakan pada sistem hidraulik dan pneumatik.			
Memahami Sistem Hidraulik dan Komponennya.	1. Saya dapat menjelaskan sistem hidraulik dasar dan komponen-komponen serta fungsi masing-masing komponen juga cara bekerjanya.			Soal Tes Formatif 2.
	2. Saya dapat menjelaskan sistem hidraulik terbuka dan komponen-komponen serta fungsi masing-masing komponen juga cara bekerjanya.			
	3. Saya dapat menjelaskan sistem hidraulik tertutup dan komponen-komponen serta fungsi masing-masing komponen juga cara bekerjanya.			
Memahami Simbol Komponen dan Diagram Rangkaian Sistem Hidraulik dan Pneumatik.	1. Saya dapat menjelaskan simbol-simbol komponen pada sistem hidraulik			Soal Tes Formatif 3.
	2. Saya dapat memahami gambar diagram rangkaian sistem hidraulik			
	3. Saya dapat membuat instalasi sistem hidraulik berdasarkan gambar diagram rangkaian sistem hidraulik sederhana yang diberikan.			
Menghitung Bentangan, Membengkok, membuat flare dan sambungan pipa, dan Membuat	1. Saya dapat memahami teori dan menerapkan perhitungan bentangan pada bengkokan pipa.			Soal Tes Formatif 4.

KOMPETENSI DASAR	PERNYATAAN	JAWABAN		BILA JAWABAN 'YA', KERJAKAN
		YA	TIDAK	
Instalasi Pemipaan Hidraulik dan Pneumatik.	2. Saya dapat melakukan proses memotong, membengkok, flaring, dan menyambung pipa menggunakan konektor dan kelengkapannya.			
	3. Saya mengerjakan instalasi pemipaan berdasarkan gambar kerja yang diberikan			
Melakukan Pemeriksaan dan Pemeliharaan Sistem dan Komponen Hidraulik dan Pneumatik.	1. Saya dapat mengidentifikasi kebocoran dan kerusakan pada sistem hidraulik.			Soal Tes Formatif 5.
	2. Saya dapat melakukan pemeriksaan dan pemeliharaan terhadap sistem dan komponennya			
	3. Saya dapat melakukan penjadwalan untuk pemeliharaan dan pelayanan agar sistem senatiasa bekerja optimal			
Mengidentifikasi Jenis-jenis Cairan Hidraulik, Karakteristik, dan Penanganannya.	1. Saya bisa menjelaskan jenis-jenis dan karakteristik fluida yang digunakan pada sistem hidraulik.			Soal Tes Formatif 6.
	2. Saya dapat menjelaskan cara menangani dan memelihara cairan hidraulik.			
	3. Saya dapat mendeteksi cairan hidraulik yang terkontaminasi.			
	4. Saya dapat menjelaskan sifat-sifat ideal yang harus dimiliki oleh cairan hidraulik untuk pesawat.			

Bila jawaban Anda“**tidak”,** maka Anda harus mempelajari Bahan Ajar ini secara cermat sampai tuntas.

BAB II

PEMBELAJARAN

A. DESKRIPSI

Pada bagian pembelajaran ini, Anda akan mempelajari definisi atau pengertian hidraulik, penerapannya secara umum dan secara khusus penerapan pada pesawat udara. Aplikasi hukum Paskal pada perhitungan yang berkaitan dengan keuntungan mekanik dari sistem hidraulik, dan usaha atau kerja yang dilakukan oleh piston pada silinder hidraulik juga akan dibahas di sini.

Anda juga akan mempelajari sistem hidraulik dasar secara umum dan yang diterapkan pada pesawat udara berikut komponen-komponennya dengan fungsinya masing-masing, beserta cara perawatan dan perbaikannya.

Deskripsi pembuatan instalasi pemipaan sebagai jalur cairan hidraulik beserta sistem koneksi antar pipa dan antar komponen juga akan anda jumpai secara memadai.

Cara menngidentifikasi dan mendeteksi terjadinya kebocoran sistem hidraulik serta cara memperbaikinya akan diberikan dan dijelaskan secukupnya dan bisa dijadikan rujukan bagi teknisi pemeliharaan dan perbaikan sistem hidraulik.

Disamping itu akan dipelajari pula jenis-jenis fluida atau cairan sebagai media kerja yang digunakan pada sistem hidraulik pesawat udara, seperti apa karakteristiknya, dan bagaimana cara merawat dan menanganinya.

B. KEGIATAN BELAJAR

Pada kegiatan pembelajaran ini akan disajikan kegiatan-kegiatan yang harus dilakukan siswa peserta pendidikan dan latihan (diklat).

Beberapa kegiatan belajar dirancang dan diuraikan secara sistematis dan diberikan dengan urutan bertahap seperti berikut ini.

1. Kegiatan Belajar 1

Konsep Dasar Hidraulik

a. Tujuan Pembelajaran 1

Setelah selesai mempelajari seluruh isi yang terkandung dalam kegiatan pembelajaran ini, diharapkan Siswa dapat:

(1) Menjelaskan definisi atau pengertian sistem hidraulik.

(2) Menjelaskan konsep tekanan dan teori yang mendasari diterapkannya sistem hidraulik.

(3) Menjelaskan penggunaan sistem hidraulik pada pesawat.

(4) Menjelaskan kataristik sistem hidraulik.

(5) Mengaplikasikan keuntungan mekanik pada sistem hidraulik.

(6) Menghitung usaha/kerja yang dilakukan oleh piston pada silinder hidraulik

b. Uraian Materi 1

Hidraulik telah terbukti menjadi sistem yang paling ekonomis dan efisien yang dapat diadaptasi pada penerbangan. Pertama digunakan oleh orang Yunani kuno sebagai sarana untuk mengangkat beban berat yaitu Stage Amfiteater.

Prinsip-prinsip hidraulik telah dijelaskan secara ilmiah oleh matematikawan abad ke-17 yaitu Blaise Pascal dan Boyle. Hukum-hukum ditemukan oleh kedua oran ini berkaitan dengan bentuk, pengaruh tekanan dan suhu dari cairan dan gas pada area tertutup, sebagai dasar dari prinsip keuntungan mekanik, dengan kata lain “mengapa dan bagaimana hidraulik itu”

Bab ini menjelaskan pada Anda penerapan dasar dari hidraulik pada pesawat terbang dan karakteristik dari sistem ini. Penjelasan meliputi definisi rinci dan terminologi khas pada hidraulik di mana Anda harus terbiasa (familier) untuk secara penuh memahami pelajaran ini.

Dalam penerbangan, hidraulik menggunakan cairan bertekanan untuk memindahkan gaya dilakukan pada suatu tempat atau peralatan lain yang berkaitan pada beberapa lokasi lain atau peralatan yang sama di pesawat terbang.

Dengan kata lain sistem hidraulik pesawat mentransmisikan daya mesin ke titik-titik yang saling berjauhan pada suatu pesawat. Gaya ini dibawa oleh cairan hidraulik tertutup dalam suatu sistem pemipaan dan sistem selang (*hose*). Hidraulik juga mencakup prinsip-prinsip yang mendasari gaya dan metode penggunaan pada sistem hidraulik, cairan dan perlengkapan yang digunakan pada implementasi prinsip-prinsip ini.

1.2.1 Hidrolik dan Hidrolika

Kata Hidraulik diturunkan dari kata Yunani "*hydro*" yang berarti cairan atau air dan "*aulos*" yang berarti pipa atau pemipaan. Karena itu hidraulik adalah suatu kata sifat yang menyiratkan/ mengimplikasikan bahwa kata itu memodifikasi dalam beberapa cara utama yang berkaitan dengan cairan. Contoh yang dapat ditemukan pada penggunaan sehari-hari dari hidraulik berkaitan dengan barang/ produk yang telah dikenal umum, misalnya: dongkrak mobil dan rem pada motor atau mobil. Contoh yang lain adalah "pengangkut barang hidraulik" merujuk pada suatu elevator yang menaik dan menurun pada suatu kolom cairan, dan bukannya menggunakan kabel-kabel dan tromol (*drum*). Di sisi lain, kata hidraulika adalah nama umum dari suatu pelajaran. Menurut kamus "hidraulika" didefinisikan sebagai cabang dari ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan penerapan secara praktik (misalnya pemindahan tenaga atau efek aliran) dari cairan dalam suatu gerakan.

1.2.2 Penggunaan Hidraulik pada Pesawat Terbang

Beberapa peralatan yang dioperasikan menggunakan sistem hidraulik pada pesawat udara diantaranya untuk:

(1) Mengoperasikan roda pendarat yang bisa ditarik (*retractable landing gear*),
(2) Rem roda (*wheel brake*),
(3) Mengontrol flap-flap sayap (*wing flaps*), dan kendali utama lainnya,
(4) Mekanik pengubah pitch propeller (*propeller pitch*),
(5) Membuka dan menutup pintu-pintu,
(6) Peredam kejut dan pengangkat katup

Bersama dengan gas, sistem hidraulik pada pesawat juga digunakan untuk pengoperasian:

(1) Rotor/ baling-baling dan rem roda

(2) Penahan kejut (*shock struts*)

(3) Peredam goncangan (*shimmy dampers*)

(4) Sistem kendali terbang (*flight control system*)

(5) Lereng beban (*loading ramps*)

(6) Tiang pelipat (*folding pylons*)

(7) Katrol kerekan (*winch hoists*)

(8) Penguat kontrol utama

(9) Menarik dan mengeluarkan *landing gear*

(10) Mencondongkan sayap ke belakang atau ke depan (*Sweep Back*)

(11) Membuka dan menutup pintu dan palka (*hatchways*)

(12) Pilot otomatis dan pistol menara (*gun turrets*)

(13) Sistem penyerapan goncangan dan sistem katup pengangkat

(14) Rem pendaratan, kecepatan dan flaps (*speed and flaps brakes*)

(13) Mekanik perubah *pitch*, *spoiler* pada *flaps*.

(14) Gigi pemindahan bom dan pintu teluk bom (*bomb bay doors*).

1.2.3 Karakteristik Sistem Hidraulik

Sistem hidraulik memiliki banyak fitur yang diinginkan. Namun, satu kelemahan adalah biaya tinggi dari berbagai komponen asli. Ini lebih dari cukup untuk diimbangi dengan banyaknya keuntungan yang dimiliki sistem hidraulik sehingga membuat sistem hidraulik tetap merupakan cara yang paling ekonomis untuk pemindahan tenaga.

Paragraf berikut menjelaskan beberapa keuntungan dari sistem hidraulik.

(1). Efisiensi

Pengurangan kerugian yang dapat terjadi dalam hubungan mekanik, hampir semua energi yang ditularkan melalui sistem hidraulik diterima di ujung output di mana pekerjaan dilakukan. Sistem listrik, yang menjadi pesaing terdekatnya, adalah memiliki 15 persen sampai 30 persen lebih rendah dalam efisiensi. Sistem mekanik langsung yang terbaik umumnya 30 persen sampai 70 persen kurang efisien daripada sistem hidraulik yang setara karena faktor inersia yang tinggi dan kerugian gesekannya. Inersia adalah tahanan terhadap gerakan, aksi/tindakan, atau perubahan.

(2). Keandalan

Sistem hidraulik secara konsisten dapat diandalkan. Berbeda dengan sistem lain yang disebutkan, ia tidak tunduk pada perubahan kinerja atau kegagalan mendadak yang tak terduga.

(3). Sensitif terhadap Pengendalian

Cairan tertutup dari sistem hidraulik beroperasi seperti sebatang baja dalam pemindahan gaya. Namun, bagian yang bergerak adalah ringan dan dapat hampir serempak melakukan gerakan atau berhenti. Katup dalam sistem dapat memulai atau menghentikan aliran cairan bertekanan hampir seketika dan memerlukan sedikit usaha untuk memanipulasi. Seluruh sistem ini sangat responsif terhadap kendali atau kontrol yang dilakukan oleh operator.

(4). Fleksibilitas Instalasi

Saluran hidraulik dapat dijalankan hampir di mana saja. Tidak seperti sistem mekanik yang harus mengikuti jalur yang lurus, pipa-pipa dari sistem hidraulik dapat diarahkan mengelilingi di sekitar penghalang. Komponen utama dari sistem hidraulik, dengan pengecualian pada pompa penggerak bertenaga listrik terletak di dekat sumber tenaga, bisa dipasang di berbagai tempat. Keuntungan dari fitur ini dapat segera diakui ketika Anda mempelajari banyak lokasi dari komponen-komponen hidraulik pada berbagai jenis pesawat.

(5). Memerlukan Sedikit Tempat

Bagian-bagian yang fungsional dari sistem hidraulik adalah kecil dibandingkan dengan sistem yang lain, sehingga kebutuhan ruangan total relatif sedikit. Komponen-komponen ini dapat dengan mudah dihubungkan dengan pipa-pipa untuk setiap panjang atau konturnya. Mereka dapat dipisahkan dan dipasang pada ruangan kecil, tidak terpakai, atau ruangan di luar jalur. Ruangan kosong yang besar pada sistem hidraulik tidak diperlukan, dalam jangka pendek, kebutuhan ruang khusus dapat dikurangi seminimal mungkin.

(6). Ringan

Sistem hidraulik beratnya sangat sedikit dibandingkan dengan jumlah pekerjaan yang dilakukannya. Suatu sistem mekanik atau listrik yang mampu melakukan pekerjaan yang sama beratnya jauh lebih besar. Ketika berat tanpa beban merupakan faktor penting pada pesawat, maka sistem hidraulik sangat ideal untuk digunakan dalam penerbangan.

(7). Melumas Sendiri

Mayoritas komponen dari sistem hidraulik beroperasi di dalam bak minyak. Dengan demikian, sistem hidraulik praktis melumas dirinya sendiri. Beberapa komponen yang membutuhkan pelumasan secara periodik adalah hubungan mekanik dari sistem.

(8). Memerlukan Pemeliharaan Ringan

Catatan pemeliharaan secara konsisten menunjukkan bahwa penyesuaian dan perbaikan darurat untuk bagian-bagian sistem hidraulik jarang diperlukan. Jadwal waktu-perubahan pesawat menentukan penggantian komponen berdasarkan jam terbang atau hari berlalu dan memerlukan perubahan yang relatif jarang pada komponen hidrauliknya.

Sementara itu cairan hidraulik sebagai media kerja yang digunakan pada sistem hidraulik memiliki tiga kualitas pada sifat fisiknya, yaitu:

(1) Sifat tak bisa dimampatkan (*Inkompresibilitas*). Secara praktis, cairan adalah media yang tidak bisa dimampatkan, ini berarti bahwa di bawah tekanan yang bahkan sangat tinggi cairan tidak dapat dibuat menjadi jauh lebih kecil dari keadaan sebelumnya..

(2) Sifat Pemuaian dan Penyusutan (ekspansi dan kontraksi). Cairan memuai dan menyusut seiring dengan perubahan suhu. Ketika cairan dalam tempat tertutup dipanaskan, cairan akan memuai dan memberikan tekanan pada dinding tempat, dan sebaliknya ketika cairan menjadi dingin, maka tekanannya menurun.

(3) Sifat Pemindahan Tekanan. Tekanan yang diterapkan pada cairan tertutup ditransmisikan ke segala arah dengan kekuatan yang sama. Jika dalam sistem terdapat bagian yang bebas bisa terbuka misalnya pada konstruksi piston dalam silinder, seperti yang diterapkan pada silinder penggerak (*aktuator*), cairan akan bekerja di atasnya, yang menyebabkan piston pada aktuator bergerak.

1.2.4 Gaya

Kata "gaya," yang digunakan dalam arti mekanik, berarti dorongan atau tarikan. Gaya merupakan dorongan atau tarikan, cenderung menyebabkan obyek yang dikenai gaya untuk bergerak. Dalam kasus tertentu, ketika gaya bekerja pada suatu benda tidak cukup untuk mengatasi perlawanan atau hambatan, maka tidak akan ada gerakan yang terjadi. Dalam kasus seperti ini gaya masih tetap dianggap ada.

Arah Gaya.

Gaya dapat diberikan ke segala arah. Ia dapat bekerja ke bawah: seperti ketika gaya gravitasi bekerja pada sebuah benda, menariknya ke bumi. Suatu gaya dapat bekerja memintas atau melintang seperti ketika angin mendorong perahu melintasi air. Suatu gaya dapat diterapkan ke atas seperti ketika seorang atlet melempar (mendorong) bola ke udara. Atau gaya dapat bekerja ke segala arah sekaligus, seperti ketika petasan meledak.

Besaran Gaya.

Besarnya (*magnitude*) gaya yang diberikan dinyatakan dengan cara pengukuran tunggal. Di Amerika Serikat, "pound" atau (pon) adalah satuan ukuran gaya. Sebagai contoh, diperlukan 7.500.000 pons gaya dorong (*force*) untuk mengangkat pesawat ruang angkasa (*moonship*) Apollo dari landasan peluncuran. Gaya hidraulik diukur dalam jumlah pons yang diperlukan untuk mennempatkan obyek dalam area tertentu seperti dalam inci persegi.

1.2.5 Tekanan

Kata "tekanan", bila digunakan bersama dengan sistem mekanik dan hydromechanical, memiliki dua kegunaan yang berbeda. Salah satunya adalah teknik, yang lain nonteknis. Kedua penggunaan ini dapat dengan mudah dibedakan dari satu sama lain oleh ada atau tidak adanya nomor. Dalam penggunaan teknis, nomor selalu menyertai "tekanan", dalam nonteknis tidak menggunakan nomor. Definisi ini dijelaskan lebih lanjut dalam paragraf berikut.

Teknis.

Angka yang menyertai tekanan menyampaikan informasi spesifik tentang kekuatan yang signifikan dari gaya yang diterapkan. Kekuatan gaya yang diterapkan ini dinyatakan sebagai tingkat di mana gaya didistribusikan di atas area di mana ia bekerja. Dengan demikian, *pound per square inch* (*psi*) mengungkapkan tingkat tekanan seperti mil per jam (*mil per hour = mph*) pada kecepatan. Contoh dari hal ini adalah: "Sistem hidraulik pada fungsi UH-1 pesawat pada 1500 psi. "

Nonteknis.

Kata "tekanan," ketika digunakan dalam pengertian nonteknis secara sederhana menunjukkan jumlah gaya tak tertentu yang diterapkan pada suatu objek. Sering kali digunakan istilah tekanan ringan, sedang, atau berat untuk menghilangkan beberapa ketidakjelasan kekuatan gaya yang diterapkan.

1.2.6 Pengukuran Tekanan

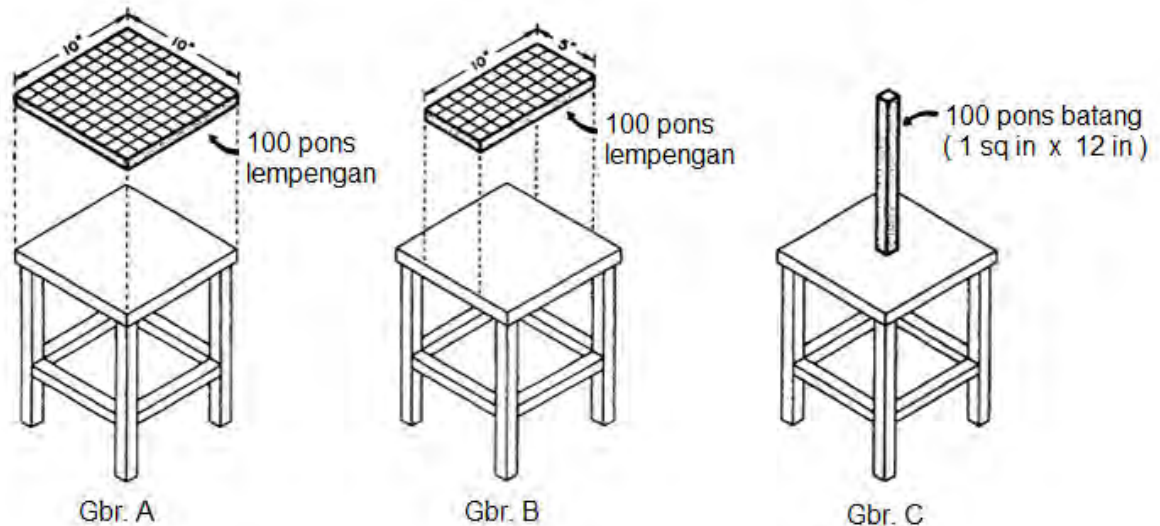
Ketika digunakan dalam pengertian teknis, tekanan didefinisikan sebagai jumlah gaya per satuan luas. Untuk memiliki makna yang universal, konsisten, dan pasti, maka satuan standar pengukuran digunakan untuk mengekspresikan tekanan. Di Amerika Serikat, pound adalah satuan pengukuran yang digunakan untuk gaya, dan inci persegi adalah satuan untuk luas. Ini dapat dibandingkan dengan satuan pengukuran yang digunakan untuk kecepatan: mil adalah unit pengukuran untuk jarak, dan jam adalah pengukuran waktu.

Sebuah pengukuran tekanan selalu dinyatakan dalam kedua unit pengukuran seperti yang dijelaskan yaitu pembagian jumlah gaya dan satuan luas. Walaupun hanya satu dari unit-unit ini yang menyatakan jumlah tenaga, adalah variabel. Inci persegi hanya digunakan dalam bentuk tunggal - tidak pernah lebih atau kurang dari satu inci persegi.

Sebuah pengukuran tekanan yang diberikan dapat dinyatakan dalam tiga cara yang berbeda dan masih berarti sama. Oleh karena itu, tekanan 50 psi, 50 pons tekanan yang kadang-kadang juga ditulis dengan 50 pounds tekanan, dan 50 psi semua memiliki makna yang identik.

Contoh Pengukuran Tekanan. Sebuah meja datar dengan ukuran 10 inci kali 10 inch, permukaannya memiliki luas 100 inci persegi. Jika lempengan 100 pons dengan ukuran yang persis sama ditempatkan di atas meja, maka tekanan 1 pon per inci persegi (1 psi) diberikan di atas seluruh permukaan meja .

Sekarang, pikirkan meja yang sama (100 inci persegi) dengan blok 100 pons bukan lempengan berada di atasnya . Asumsikan blok ini hanya memiliki permukaan 50 inci persegi yang kontak dengan meja. Karena bidang kontak telah dipotong setengah dan berat blok tetap sama , maka tekanan yang diberikan di atas meja menjadi berlipat dua yaitu 2 psi.

Sebagai contoh terakhir , anggaplah batang panjang dengan berat 100 pon dengan permukaan 1 inci persegi berdiri tegak di atas meja . Tekanan sekarang sedang diberikan pada meja meningkat menjadi 100 psi , karena seluruh beban sedang didukung pada permukaan meja satu inci persegi. Contoh-contoh ini diilustrasikan pada Gambar 1.1 .

Gambar 1.1 Pengukuran Tekanan

1.2.7. Rumus untuk menghitung Gaya, Luas, dan Tekanan.

Sistem hidraulik dirancang untuk mengambil keuntungan dari karakteristik cairan yang berkaitan dengan gaya, luas, dan tekanan. Dari pembahasan sebelumnya, Anda dapat melihat bahwa rumus untuk mencari tekanan yang bekerja pada permukaan adalah "tekanan sama dengan gaya dibagi dengan luas daerah". Jika "P" adalah simbol untuk tekanan, "A" simbol untuk luas daerah, dan "F" simbol untuk gaya, rumus yang menyatakan hubungan antara Tekanan, Gaya dan Luas area dapat dinyatakan sebagai berikut :

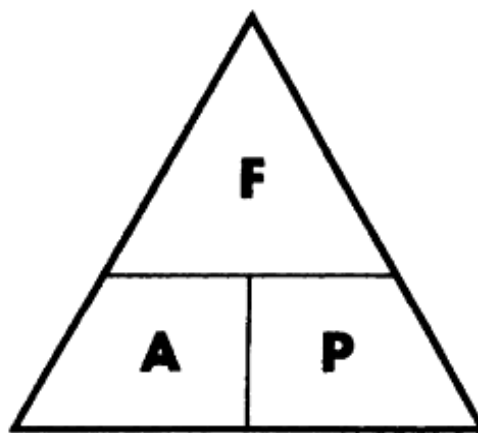
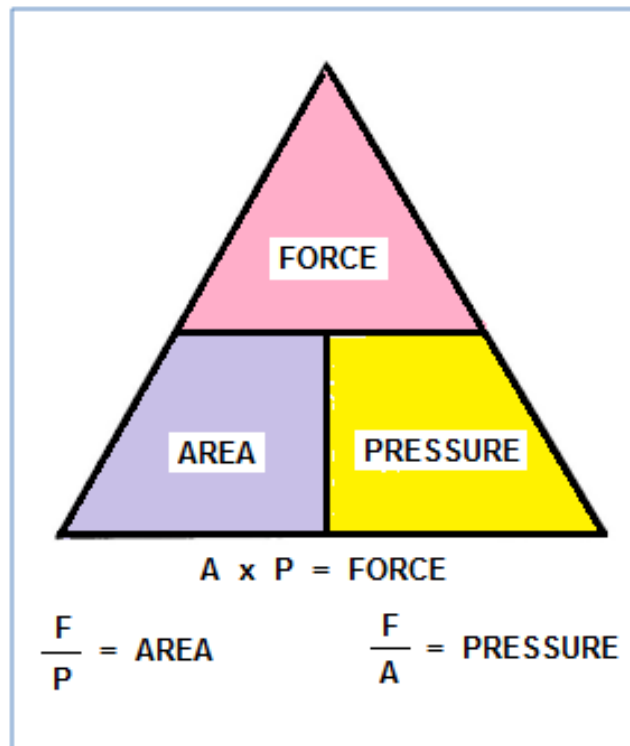
$$P = \frac{F}{A}$$

Dengan menukar simbol dalam rumus ini, maka akan diperoleh dua bentuk rumus penting lainnya yanng dapat diturunkan, satu untuk luas daerah, dan satu untuk gaya. Masing-masing, adalah:

$$A = \frac{F}{P} \qquad F = A \times P$$

Namun, bila menggunakan salah satu dari rumus ini, dua faktor harus diketahui untuk bisa menentukan faktor ketiga yang tidak diketahui.

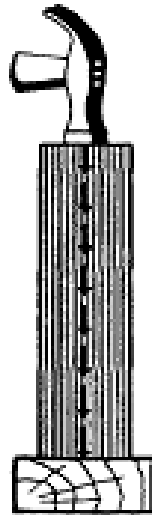
Segitiga yang ditunjukkan pada Gambar 1-2 adalah alat pengingat yang mudah untuk rumus hubungan gaya, luas, dan tekanan. Ini membantu Anda mengingat tiga faktor yang terlibat di dalamnya yaitu: F, A, dan P. Karena F berada di atas garis dalam segitiga, juga mengingatkan Anda bahwa dalam kedua formula menunjukkan pembagi, F selalu dibagi dengan salah satu dari dua faktor lainnya (yang di bawah).

Pada bagian (a) ketiga variabel pada rumus tekanan dinyatakan dalam simbol atau inisialnya, sedang pada bagian bawah (b) ketiga variabel dinyatakan dalam kata-kata beserta tiga bentuk persamaan lengkap, masing-masing untuk menghitung gaya (*force*) jika luas (*area*) dan tekanan (*pressure*) telah diketahui, dua buah bentuk persamaan berikutnya yang di bawah yaitu untuk menghitung luas (*area*) jika gaya (*force*) dan tekanan (*pressure*) telah diketahui, dan yang terakhir adalah bentuk persamaan untuk menghitung tekanan (*pressure*) jika gaya (*force*) dan luas (*area*) telah diketahui.

(a)

(b)

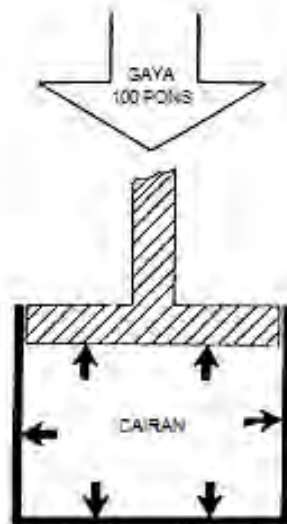
Gambar 1-2 Hubungan antara Gaya (F), Luas (A), dan Tekanan (P).

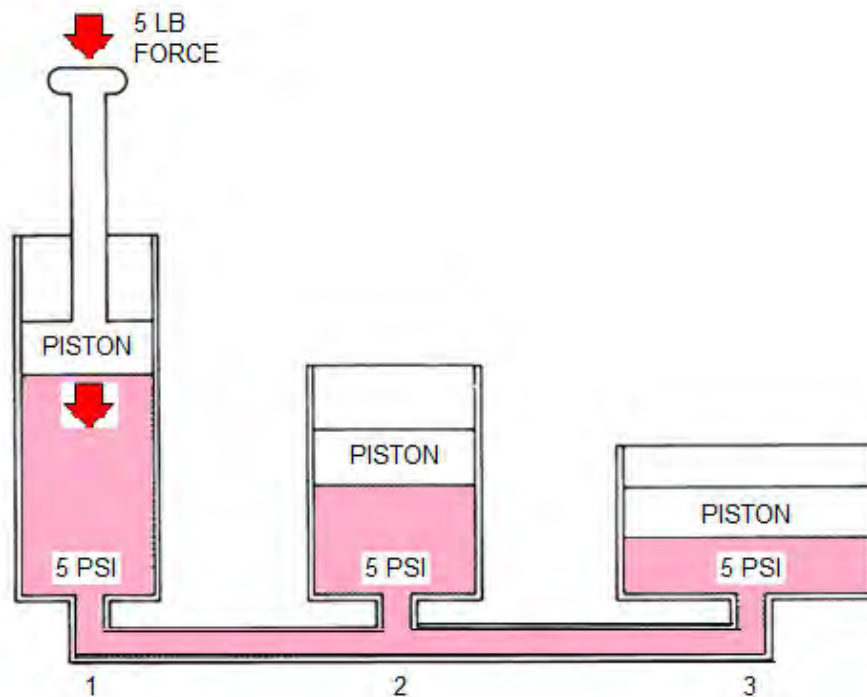
1.2.8 Pemindahan Gaya dan Hukum Pascal

Dua cara bisa dilakukan untuk memindahkan gaya, yaitu melalui benda padat dan melalui benda cair. Karena buku teks bahan ajar ini mebahas tentang hidraulika, maka penekanannya adalah pada cairan. Transmisi gaya melalui benda padat disajikan hanya sebagai alat perbandingan.

Pemindahan Gaya Melalui Benda Padat. Gaya yang diterapkan pada satu titik pada benda padat mengikuti garis lurus tanpa berkurang pada titik yang berlawanan pada benda tersebut. Ini diilustrasikan pada Gambar 1-3.

Gambar 1-3 Pemindahan Gaya Melalui Benda Padat.

Transmisi Gaya Melalui Cairan Tertutup. Gaya yang diberikan diteruskan melalui tubuh cairan tertutup dengan cara yang dijelaskan oleh Hukum Pascal. Hukum fisika ini diformulasikan pada abad ke-17 oleh matematikawan Prancis yaitu **Blaise Pascal**, yang menyatakan: "tekanan yang diberikan pada setiap bagian dari cairan tertutup ditransmisikan tanpa perubahan tekanan/intensitas ke seluruh bagian cairan". Ini berarti bahwa di mana pun gaya atau tekanan diterapkan pada tubuh cairan, tekanan akan mendorong dengan kekuatan yang sama terhadap setiap inci persegi pada permukaan bagian dalam tempat cairan. Ketika tekanan diterapkan ke sebuah tempat cair dalam arah ke bawah, itu tidak hanya akan bertindak pada permukaan bawah, tetapi juga pada bagian sisi dan atas juga.

Ilustrasi pada Gambar 1-4 berikut membantu untuk memahami penjelasan ini. Piston di bagian atas tabung yang memiliki luas penampanh 1 inci persegi (*1 sq in*), didorong ke bawah dengan kekuatan gaya 100 pons. Gaya yang diberikan ini menghasilkan tekanan 100 *psi* yang sama pada setiap inci persegi dari permukaan di bagian dalam. Perhatikan bahwa tekanan pada permukaan bagian dalam selalu bekerja pada sudut tegak-lurus terhadap dinding kontainer, terlepas dari seperti apapun bentuknya. Dari sini dapat dilihat bahwa gaya yang bekerja dalam tubuh cairan tertutup adalah eksplosif dalam pola. Jika semua sisi sama dalam kekuatannya, maka mereka akan meledak secara simultan jika kekuatan yang cukup besar diterapkan padanya.

Gambar 1-4 Transmisi Gaya Melalui Cairan Tertutup.

Aplikasi praktis prinsip-prinsip hidraulik didasarkan pada hukum Pascal, yang juga dapat dinyatakan secara sederhana sebagai berikut: "Jika suatu gaya diterapkan pada cairan tertutup, maka tekanan ditransmisikan secara merata atau sama besar ke segala arah". Hukum Pascal hanya berlaku untuk cairan tertutup saja. Maka kemudian hukum tidak berlaku untuk cairan dalam gerakan, jika gerakan cairan tidak tertutup. Gambar 1-5 menunjukkan ilustrasi grafis dari bagaimana hukum Pascal diterapkan dalam sistem hidraulik pesawat.

Gambar 1.5 Implementasi Hukum Pascal

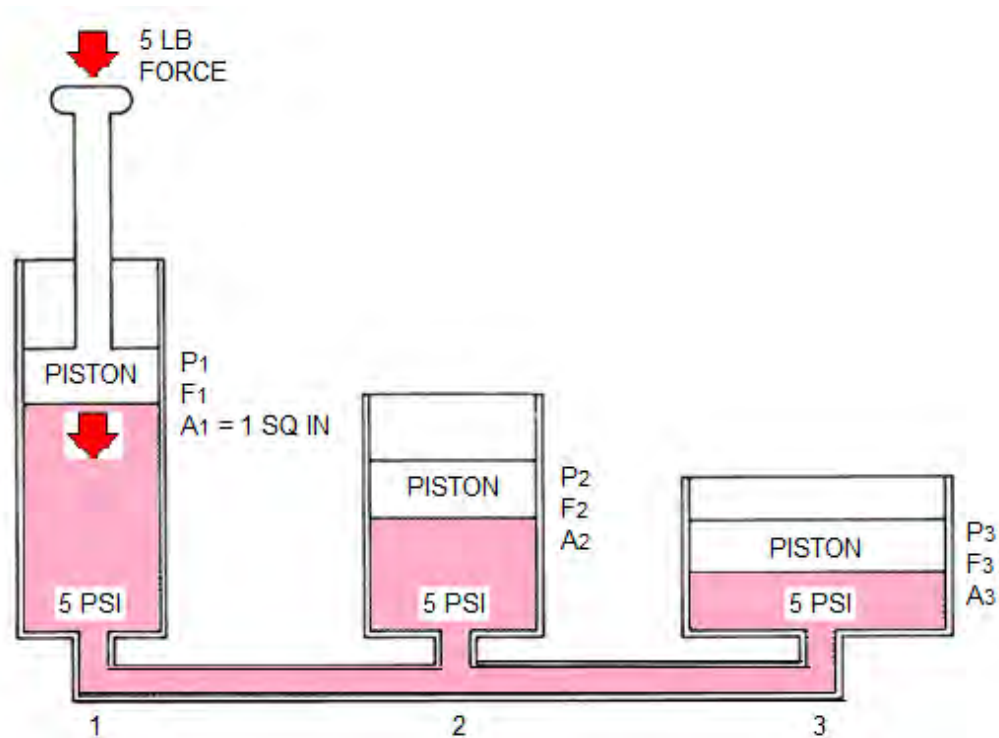
Perhatikan gambar 1-5 di atas, ketika gaya diterapkan pada piston dalam silinder 1, maka gaya ini ditransmisikan kepada seluruh bagian dari cairan tertutup tersebut. Jika, misalnya, gaya yang diterapkan adalah 5 pound (disingkat 5 lb), maka tekanan dalam silinder 1, 2, 3 dan pipa akan sama besarnya yaitu menjadi 5 psi.

Tapi andaikan suatu perubahan terjadi di mana kekurangan resistensi menyebabkan baik piston 2 atau 3, atau keduanya, untuk bergerak ke atas. Ini sejenak menurunkan tekanan dalam silinder 2 dan 3 sementara di dalam silinder 1 masih 5 psi. Kondisi tidak seimbang ini tidak dapat bertahan. Cairan akan mengalir dari silinder 1 silinder 2 dan 3. Hal ini karena piston 2 dan 3 tidak menutup cairan selama mereka bergerak ke atas. Hukum Pascal tidak berlaku untuk kondisi ini. Ketika piston 2 dan 3 mencapai akhir langkahnya, cairan berhenti mengalir. Pada titik ini fluida kembali tertutup dan tekanan kembali menjadi sama dan hukum Pascal berlaku lagi.

Secara kuantitatip, hukum Pascal dapat dinyatakan dalam bentuk formula atau rumus sebagai berikut: (Perhatikan pula gambar 1-6 !)

$$P_1 = P_2 = P_3 = \dots = P_n$$

Atau bisa dinyatakan sebagai:

$$F_1 / A_1 = F_2 / A_2 = F_3 / A_3 = \dots = F_n / A_n$$

Gambar 1-6 Tekanan cairan pada tiga tabung tertutup

Dalam hal ini:

P = Tekanan yang bekerja pada piston atau silinder

F = Gaya yang bekerja pada piston atau silinder

A = Luas area atau penampang piston

Angka indeks 1, 2, 3, ..., n adalah menunjukkan lokasi atau posisi di mana besaran-besaran tersebut berada.

Catatan:

Dalam Sistem Satuan Imperial atau British:

- Tekanan P dinyatakan dalam *pound per square inch* disingkat *psi*, atau ditulis *lb/inch*^{2}
- Gaya F dinyatakan dalam *pound*, atau ditulis singkat *lb*
- Luas A dinyatakan dalam *square inch*, disingkat *sq in*, atau ditulis *inch*^{2}

Dalam Sistem Satuan Internasional:

- Tekanan P dinyatakan dalam pascal disingkat Pa
- Gaya F dinyatakan dalam newton disingkat N
- Luas A dinyatakan dalam m^2

1.2.9. Karakteristik Cairan Sebagai Media Kerja

Perbedaan besar dalam cara di mana gaya diteruskan melalui cairan tertutup, dibandingkan dengan yang melalui bentuk padat, karena karakteristik fisik cairan - yaitu, bentuk dan kompresibilitasnya (seperti yang juga telah disinggung di bagian *1.2.3*) di atas. Cairan tidak memiliki bentuk yang pasti, mereka selalu mengikuti bentuk tempatnya. Karena karakteristik ini maka seluruh tubuh cairan tertutup cenderung bergerak menjauhi titik gaya awal ke segala arah sampai dihentikan oleh sesuatu yang padat seperti dinding kontainer. Cairan relatif tidak dapat dimampatkan. Artinya, mereka hanya dapat dikompresi hanya sekitar 1 persen dari volume mereka. Karena cairan tidak memiliki bentuk mereka sendiri dan tak bisa dimampatkan (*incompressible*), maka gaya yang diterapkan diteruskan melalui tubuh cairan tertutup dalam tempat kaku menghasilkan kompresi tidak melebihi kompresi daripada jika diteruskan melalui logam yang padat/solid.

<u>Gerakan Fluida Akibat Tekanan</u>. Gaya yang diterapkan pada cairan tertutup dapat menyebabkan cairan bergerak hanya ketika gaya kekuatan melebihi kekuatan gaya lain yang bekerja pada cairan dalam arah yang berlawanan . Aliran fluida selalu ke arah tekanan yang paling rendah. Jika gaya yang berlawanan sama besarnya, maka tidak akan ada gerakan cairan.

Cairan di bawah tekanan dapat mengalir ke dalam tempat yang telah diisi hanya jika kuantitas yang sama atau lebih besar secara simultan mengalirkan mereka keluar darinya. Ini adalah suatu prinsip yang jelas dan sederhana, tapi sesuatu yang mudah diabaikan.

<u>Pengaruh Temperatur Terhadap Cairan</u>. Seperti pada logam, perubahan suhu menghasilkan perubahan dalam ukuran tubuh cairan. Dengan pengecualian pada air, setiap kali suhu cairan turun, penurunan (kontraksi) dalam ukuran tubuh cairan akan terjadi. Jumlah kontraksi adalah ringan dan berlangsung dalam proporsi yang sesuai dengan perubahan suhu.

Ketika suhu naik, tubuh cairan mengembang. Hal ini disebut sebagai "ekspansi termal" Jumlah ekspansi adalah dalam proporsi yang sesuai dengan kenaikan suhu. Meskipun tingkat ekspansi relatif kecil, ini adalah penting, beberapa ketentuan biasanya diperlukan dalam sistem hidraulik untuk mengakomodasi peningkatan ukuran tubuh cairan bila terjadi kenaikan suhu.

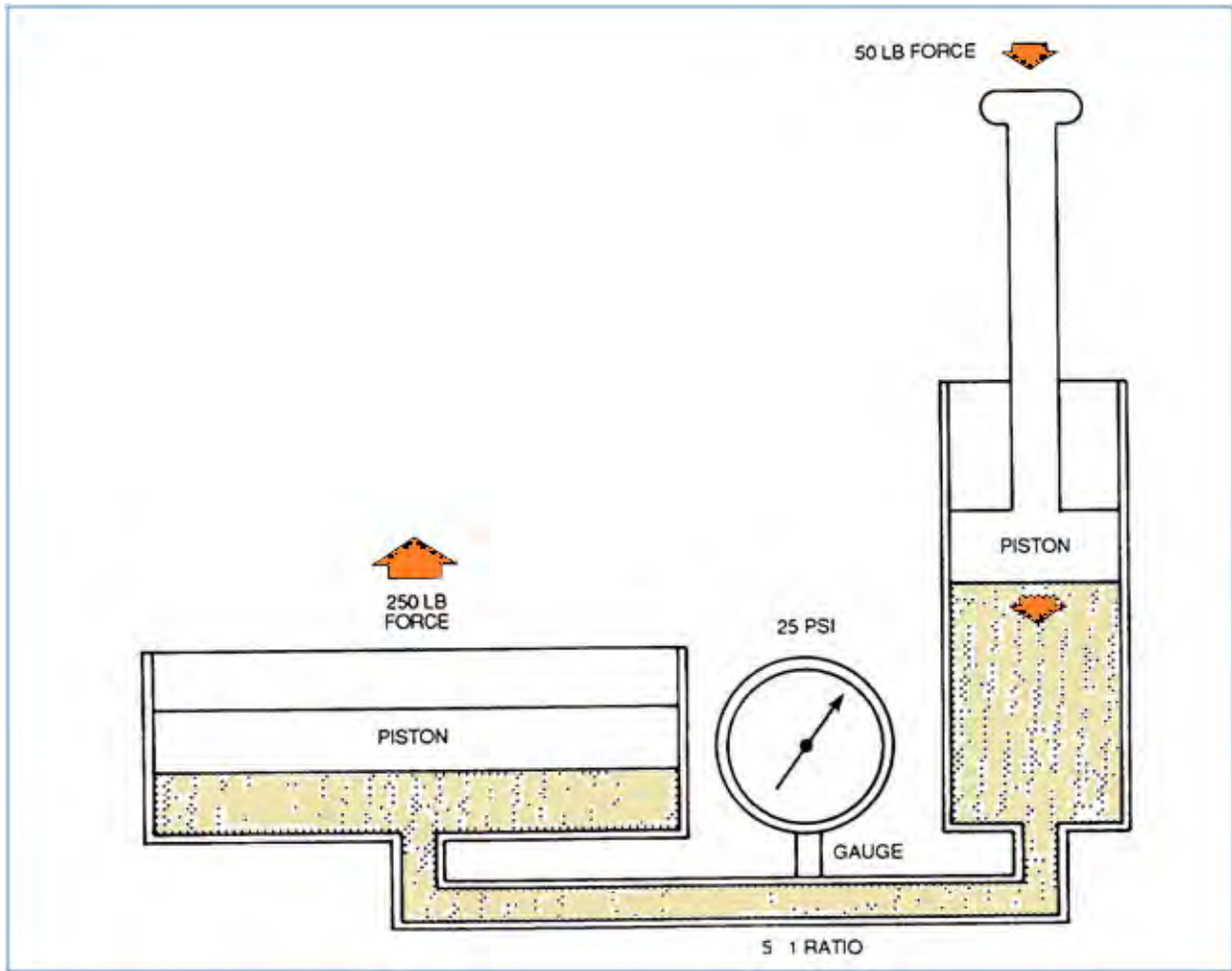
1.2.10. Keuntungan Mekanik

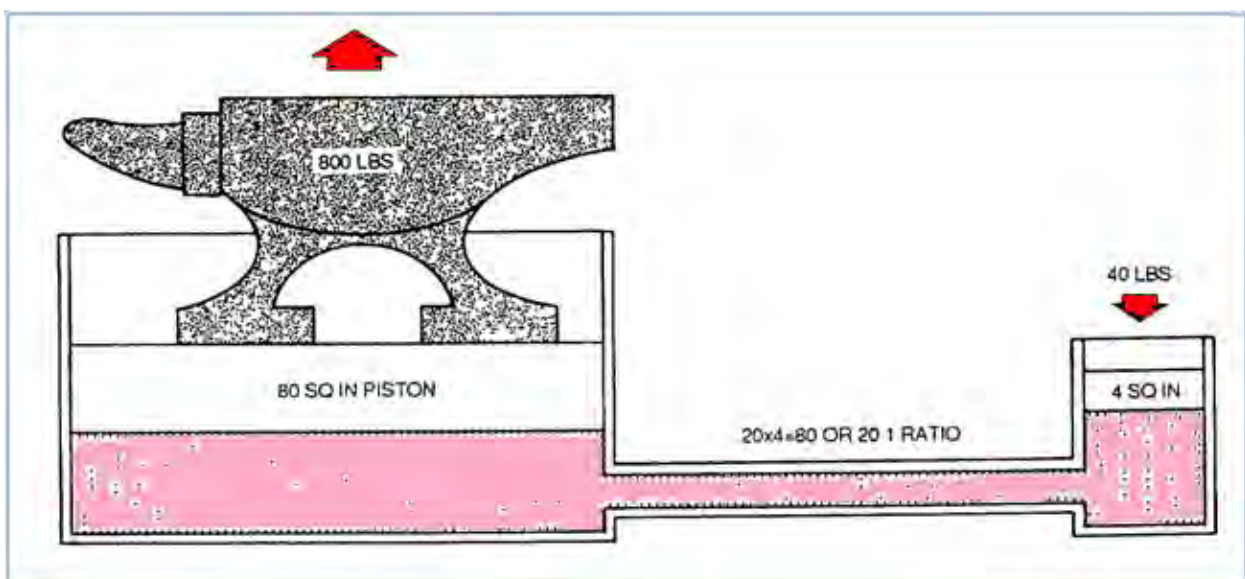
Dengan definisi sederhana, keuntungan mekanik adalah sama dengan perbandingan atau rasio dari suatu gaya atau ketahanan dibagi dengan penerapan gaya atau upaya yang lebih rendah melalui mesin sederhana. Ini merupakan metode melipat gandakan kekuatan.

Dalam keuntungan mekanik, kenaikan gaya kekuatan diperoleh dengan mengorbankan terjadinya pengurangan jarak. Dengan mengabaikan kerugian karena gesekan, persentase kenaikan gaya adalah sama dengan penurunan persentase dalam jarak. Dua aplikasi umum dari prinsip keuntungan mekanik adalah tuas pengungkit dan dongkrak hidraulik. Dalam hal dongkrak, pemberian gaya kekuatan hanya satu atau dua pon saja dapat meningkatkan ratusan pons beban.

Catatan, meskipun, setiap kali handel atau pegangan digerakkan beberapa inci , beban hanya dapat dinaikkan beberapa bagian dari satu inci saja.

Aplikasi pada Hidraulik. Prinsip yang digunakan dalam hidraulika untuk mengembangkan keuntungan mekanik adalah sederhana. Pada dasarnya diperoleh dengan pemasangan dua permukaan yang dapat bergerak dengan ukuran yang berbeda pada bejana tertutup, seperti piston di dalam silinder. Bejana diisi dengan cairan, dan gaya masukan (*input*) diberikan pada permukaan yang lebih kecil. Tekanan ini kemudian ditransfer, melalui cairan, ke permukaan yang lebih besar di mana gaya kekuatan (*output*) secara proporsional dapat dihasilkan.

Sebuah contoh bagaimana menerapkan keuntungan mekanik ditunjukkan pada Gambar 1-7 Di sini kita ingin menemukan betapa besar piston besar harus menaikkan berat 800 pon. Mari kita asumsikan bahwa kita harus mengangkat berat 800 pon dengan menerapkan gaya 40 pon pada piston 4-inci persegi. Keuntungan mekanik dalam hal ini adalah 20 kali, berasal dari 800 pons dibagi dengan 40 pons dan dinyatakan sebagai rasio 20 : 1. Mengalikan 20 kali 4 inci persegi (luas piston kecil), kita menemukan bahwa daerah piston besar harus 80 inci persegi. Keuntungan mekanik juga berlaku untuk jarak piston bergerak, atau panjang langkah. Dengan asumsi bahwa piston besar harus bergerak 10 inci, mengalikan faktor ini dengan 20 memberikan 200 inci sebagai panjang langkah piston kecil. Tentu saja, itu tidak akan layak untuk piston kecil untuk bergerak sejauh itu pada satu pukulan. Oleh karena itu, piston kecil harus bergerak melalui serangkaian langkah berulang pendek-pendek.

Gambar 1.7 Keuntungan Mekanik pada sistem Hidraulik

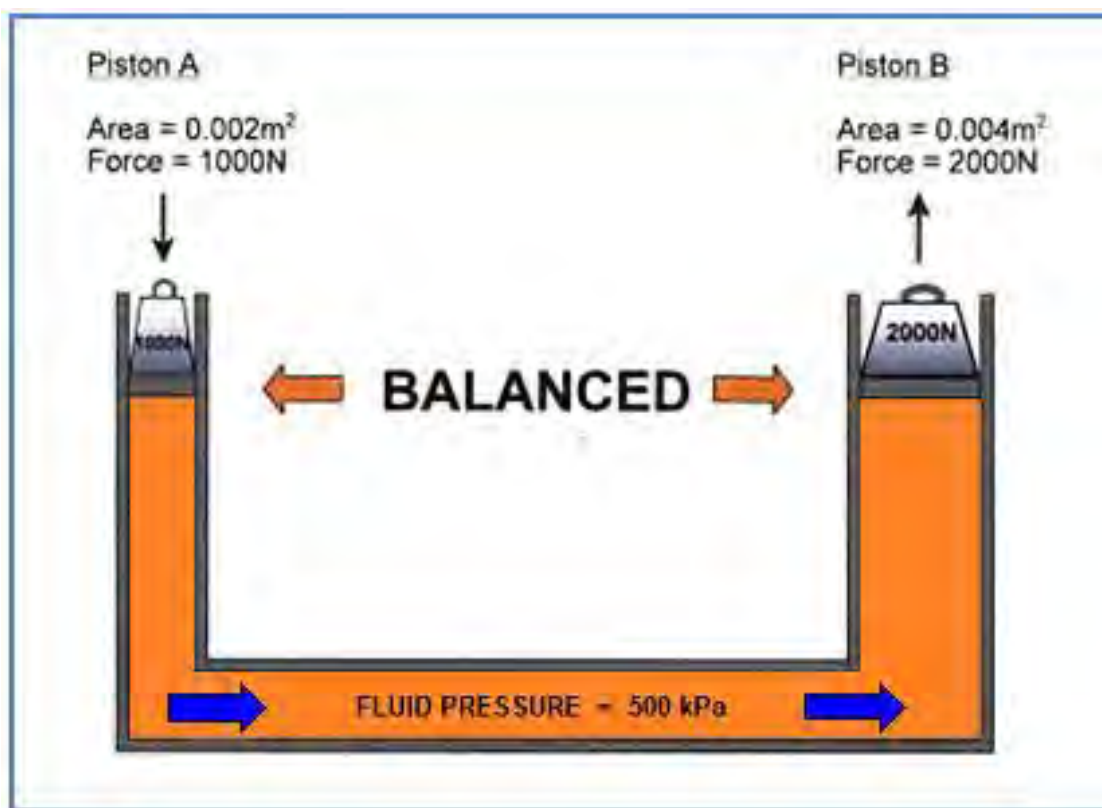
Aplikasi keuntungan mekanik pada sistem hidraulik dapat dilihat pada ilustrasi pada gambar 1-8 di bawah ini.

Gambar 1.8 Penerapan Keuntungan Mekanik pada sistem hidraulik

1.2.11 Tekanan Bramah.

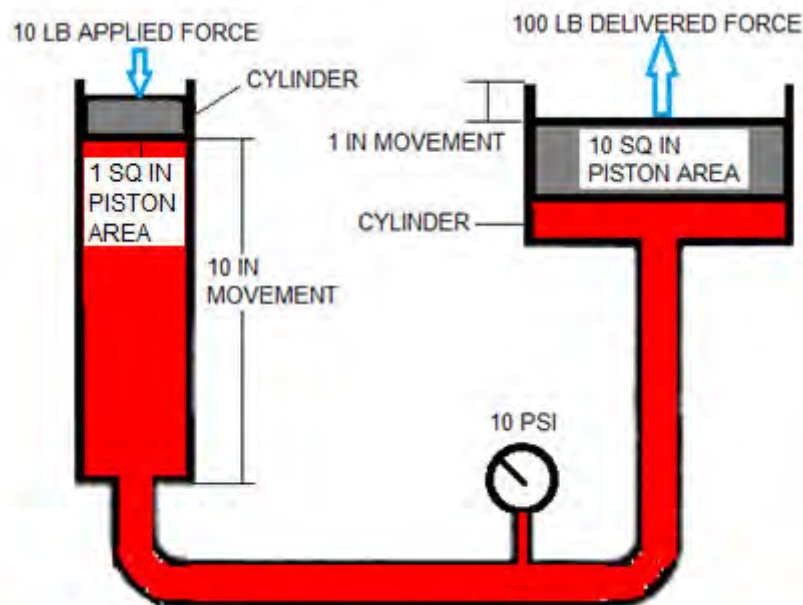
Fenomena keuntungan mekanik pada sistem hidraulik pertama kali ditemukan oleh **Joseph Bramah** (1749 – 1814) yang selanjutnya dikenal dengan **Tekanan Bramah** (***Bramah's Press***). Bramah mengamati dua buah fakta yang terjadi pada tekanan hidraulik, yaitu:

a) Jika lebih kecil luas penampang di bawah beban, maka akan lebih besar tekanan yang dihasilkan.

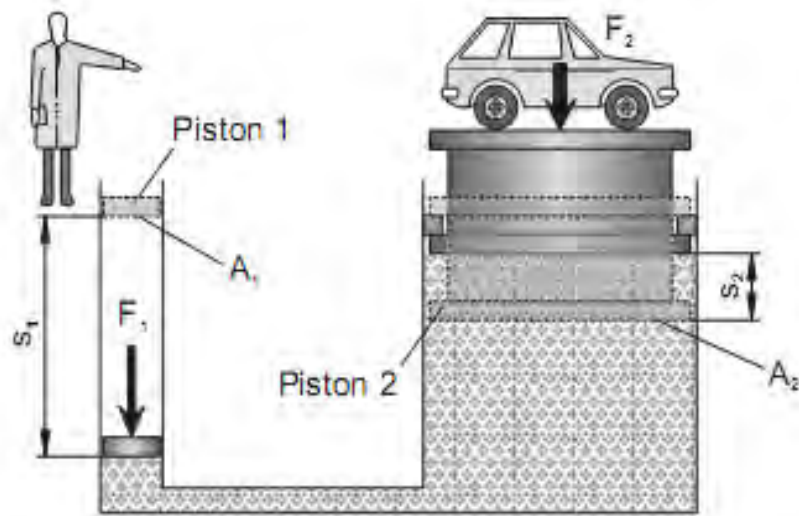
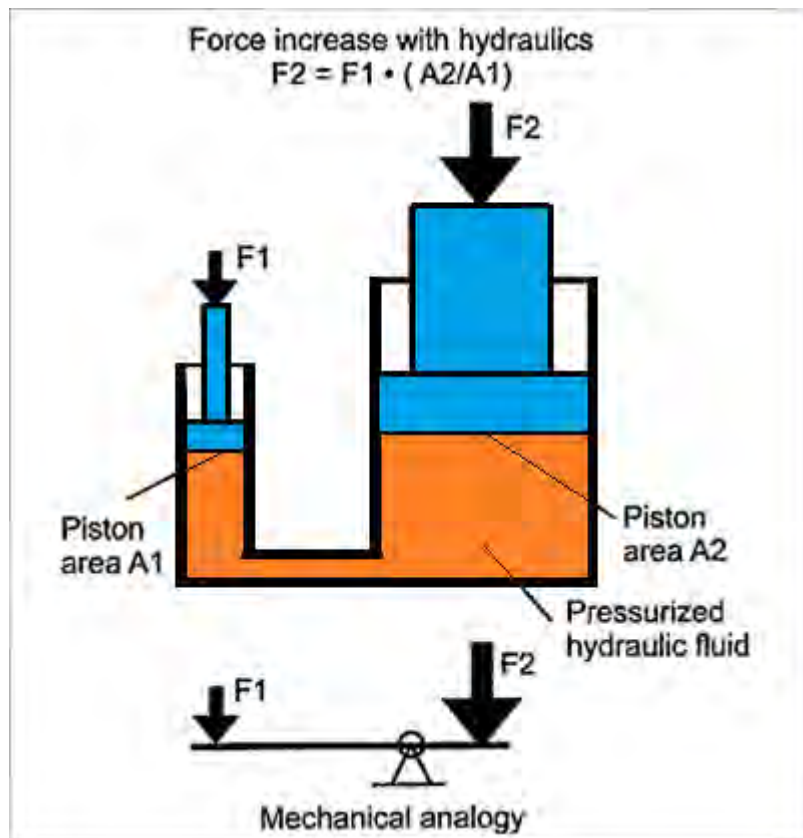
b) Jika lebih besar luas penampang di bawah tekanan, maka beban yang lebih besar akan tersedia

Ilustrasi tentang tekanan Bramah ini ditunjukkan pada gambar 1-9 berikut ini.

Gambar 1.9 Fenomena Tekanan Bramah

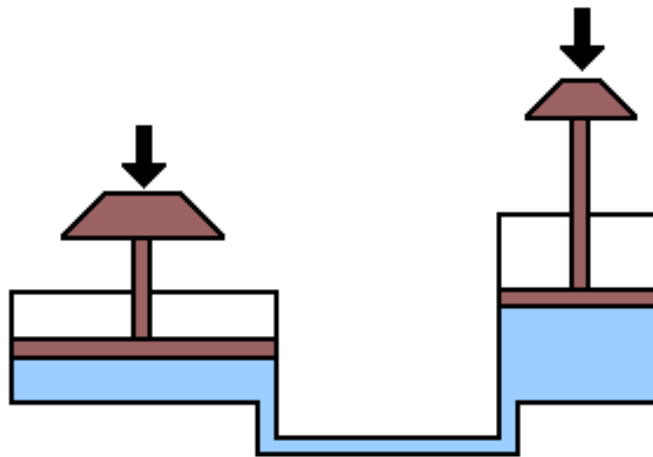
Dengan merujuk pada gambar 1-9 Jika gaya 1000 N diberikan pada piston "A", yang memiliki luas penampang 0,002 m^2, ia akan menghasilkan tekanan sebesar 500.000 Pa (baca: "lima ratus ribu pascal") atau = 500 kPa (baca: "lima ratus kilo pascal") pada cairan hidraulik. Jika piston "B" mempunyai luas penampang 0,004 m^2, maka ia akan menopang suatu beban sebesar = 0,004 m^2 x 500 kPa = 2000 N (Ingatlah rumus F = P x A)

Tingkat Keuntungan Mekanik. Tingkat keuntungan mekanik yang dihasilkan secara hidraulik adalah dalam proporsi yang sesuai pada perbandingan ukuran luas yang lebih kecil (*input*) dengan ukuran luas area yang lebih besar (*output*). Dengan demikian, 10 pon gaya yang diberikan pada satu inci persegi luas permukaan cairan tertutup akan menghasilkan 100 pon gaya pada 10 inci persegi luas permukaan yang dapat bergerak. Ini diilustrasikan pada Gambar 1-10 Peningkatan kekuatan ini tidak gratis, tetapi diperoleh dengan mengorbankan jarak. Dalam hal ini, peningkatan sepuluh kali lipat gaya output diperoleh dengan mengorbankan penaikan sepuluh kali lipat jarak pada tempat di mana kekuatan awal diberikan.

Gambar 1.10 Hidraulik dan Keuntungan Mekanik

Gambaran yang sejenis dengan keuntungan mekanik yang diilustrasikan pada gambar 1-10, juga dapat dilihat pada gambar 1-11 yang sekaligus menunjukkan penerapannya sebagai dongkrak pengangkat mobil.

Keuntungan mekanik hidraulik yang dapat dianalogikan dengan keuntungan mekanik tuas pengungkit diilustrasikan pada gambar 1.12

Gambar 1.11 Penerapan Keuntungan Mekanik pada Hidraulik

Gambar 1.12 Keuntungan Mekanik Hidraulik dan Tuas Pengungkit

1.2.12 Usaha Pompa Piston Hidraulik

Tekanan (p) yang bekerja pada cairan hidraulik tak termampatkan (*incompressible*), akan melakukan kerja sebesar (tekanan) x (Luas piston) x (stroke piston) = Kerja. Dalam diagram pada gambar 1-13 di bawah ini, gaya bekerja pada sisi kanan piston melakukan kerja dan menggerakkan cairan dari silinder kanan ke silinder kiri. Gerakan cairan ke silinder kiri menghasilkan tekanan pada luas permukaan piston kiri. Yang pada gilirannya memberikan gaya yang menggerakkan piston kiri ke atas.

Gambar 1.13 Diagram Gaya yang Bekerja pada Piston

Usaha atau Kerja yang dilakukan oleh mesin (pompa piston) hidraulik, adalah sama dengan Gaya yang bekerja dikalikan dengan Jarak perpindahan, atau dinyatakan dengan rumus:

$$W = F \times D$$

Keterangan : W = Usaha atau Kerja yang dilakukan oleh piston

F = Gaya yang bekerja pada piston.

D = Jarak perpindahan piston (kadang dinyatakan dengan S = *Stroke*)

Catatan:

Dalam sistem satuan Metrik atau Sistem Internasional:

- W, dinyatakan dalam newton-meter disingkat (Nm) atau Joule.
- F, dinyatakan dalam newton (N)
- D, dinyatakan dalam meter (m)

Dalam sistem British atau Imperial:

- W, dinyatakan pound-feet, disingkat lb-ft.
- F, dinyatakan dalam pound, disingkat lb.
- D, dinyatakan dalam *feet*, disingkat *ft*.

Contoh:

Jika piston A_1 dengan beban gaya 1000 N, bergerak melalui jarak 0,6 m, sedangkan pada piston A_2 diberi beban gaya 2000N, dan usaha yang dilakukan oleh sistem harus konstan, (anggap tidak ada kerugian gesek), maka untuk menghitung jarak perpindahan yang dialami oleh piston A_2 dilakukan dengan cara berikut :

Gaya x Jarak perpindahan (piston A_1) = Gaya x Jarak perpindahan (piston A_2)

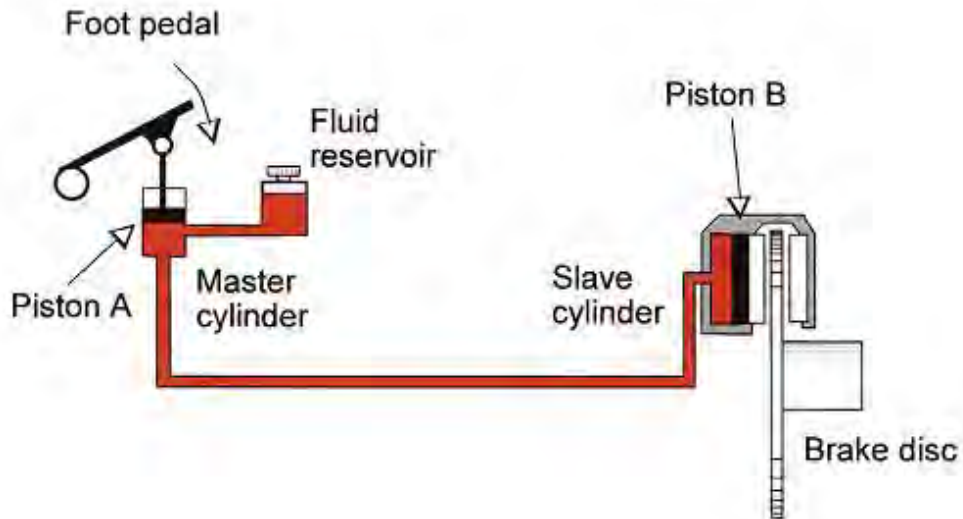
1000 N x 0,6 m = 2000 N x Jarak perpindahan piston A_2

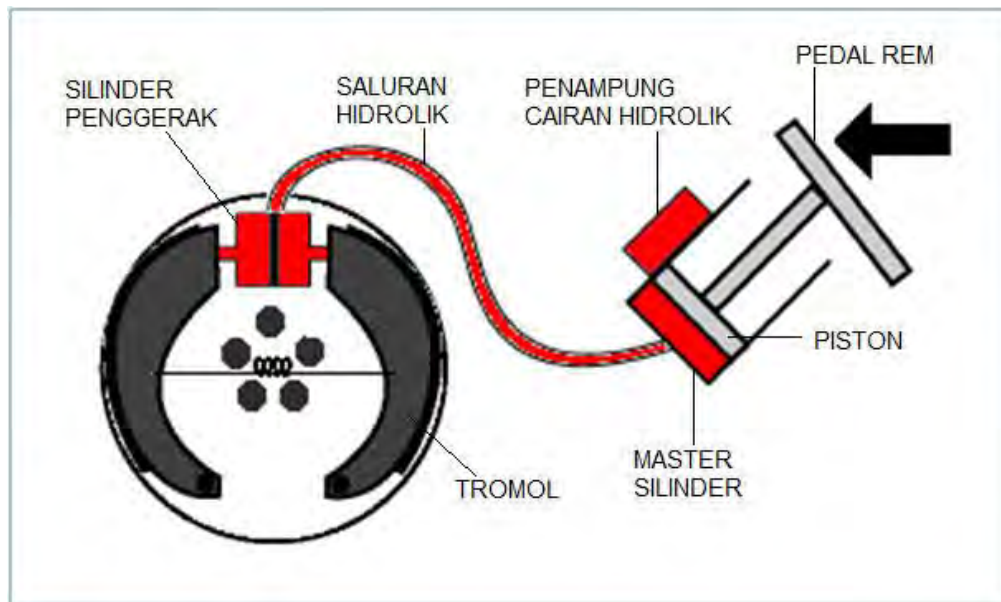
Maka Jarak perpindahan piston A_2 = (1000 x 0,6) Nm : 2000 N

= 0,3 m

Oleh karena itu, untuk tekanan fluida yang diberikan dapat dihasilkan berbagai gaya dengan menyesuaikan luas penampang piston, dan hasil gerakan lurus akan bervariasi pada proporsi sebaliknya pada penampang piston.

Ini akan membentuk **Sistem Hidraulik Pasif** di mana sebuah gaya yang diberikan pada piston (piston A) hanya ketika diinginkan untuk menggerakkan beban (piston B), dengan demikian hanya menghasilkan tekanan ketika ini diperlukan daripada menghasilkan dan mempertahankan tekanan sepanjang waktu dan hanya menggunakan ini ketika sesuatu memerlukan untuk digerakkan.

Contoh yang baik untuk ini ada pada sistem rem pesawat ringan, yang memiliki master silinder untuk menghasilkan tekanan ketika pedal rem diinjak atau ditekan, dan suatu silinder rem yang melakukan kerja dengan menggerakkan dan menekan piston untuk melakukan pengereman. Lihat pada gambar 1.14 berikut ini.

Gambar 1.14 Jenis Sistem Rem Pesawat Ringan (hanya satu roda yang ditunjukkan)

Pada gambar 1.15 berikut ini ditunjukkan penerapan sistem hidraulik yang diberikan pada rem tromol yang biasa digunakan pada rem motor atau mobil.

Gambar 1.15 Penerapan sistem hidraulik pada rem tromol mobil

1.2.13. Menghitung Volume Silinder, Luas Penampang, dan Panjang Langkah Piston.

Anda dapat menggunakan jenis yang sama dari persamaan segitiga (seperti yang telah dijelaskan di bagian depan) untuk menghitung volume, luas, dan panjang langkah. Definisi berikut berlaku untuk buku ini .

(1) Volume

Volume adalah pengukuran kuantitas yang dinyatakan dalam inci kubik, misalnya, jumlah cairan dalam silinder atau jumlah cairan yang dipindahkan oleh pompa atau silinder penggerak.

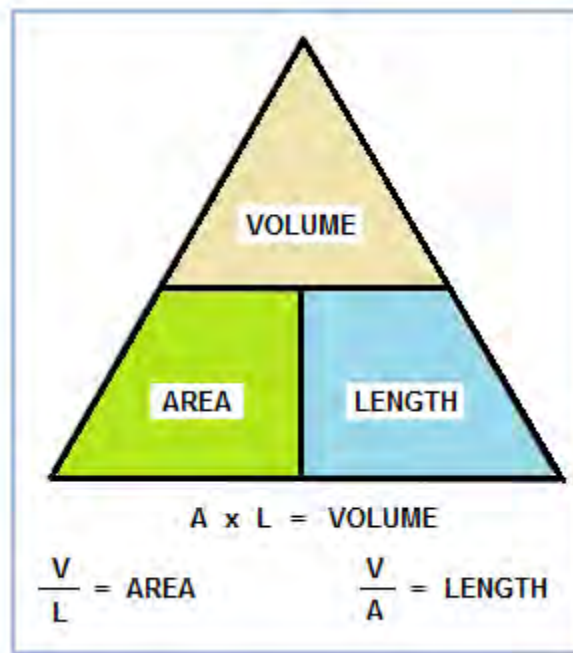
(2) Luas

Seperti pada persamaan sebelumnya, luas adalah ukuran permukaan yang dinyatakan dalam inci persegi.

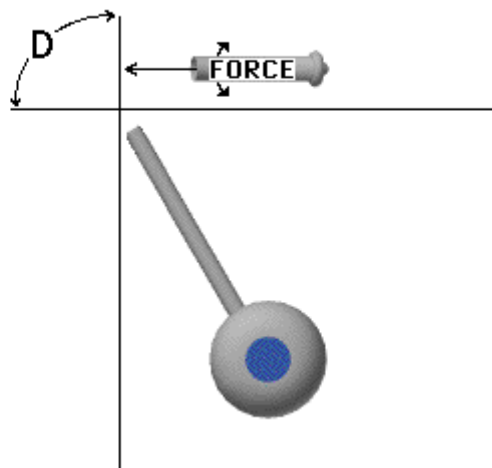
(3) Panjang langkah

Panjang langkah adalah ukuran jarak yang dinyatakan dalam inci. Panjang langkah yang Anda gunakan dalam manual ini adalah jarak piston yang bergerak dalam silinder .

(4) Perhitungan

Jika Anda tahu ada dua faktor ini, Anda dapat menghitung faktor yang ketiga (lihat gambar 1-16). Seperti pada persamaan sebelumnya, kalikan dua faktor yang di bawah bersama untuk memperoleh faktor yang atas dan membagi faktor di atas yang diketahui oleh faktor yang di bawah untuk mendapatkan faktor di bawah yang tidak diketahui. Misalnya, piston memiliki penampang atau permukaan seluas 8 inci persegi bergerak sejauh jarak 10 inci dalam silinder. Untuk menemukan volume cairan bergerak, kalikan dua faktor yang di bawah bersama-sama yaitu 8 inci persegi (A) dikalikan dengan 10 inci (L), untuk mendapatkan V = 80 inci kubik

Gambar 1.16 Menghitung Volume, Langkah, dan Luas

1.2.14 Permasalahan Khusus

Dengan merujuk pada ilustrasi yang diberikan pada gambar 1.17, misalnya anda diminta untuk menentukan tenaga kuda mekanik (*Horse Power* = *HP*) yang diperlukan untuk menarik kembali landing gear dalam jangka waktu yang diperlukan. Bagaimana Anda akan melakukan perhitungan?

Gambar 1.17 Ilustrasi Landing Gear ditarik kembali

Contoh:

Persyaratan gaya yang diberikan = 5.000 lb (ini adalah gaya yang harus dipindahkan)
Jarak perpindahan = 2 ft (ini adalah jarak yang harus dilakukan untuk memindahkan gaya)
Waktu yang dibutuhkan = 30 s (ini adalah waktu yang dibutuhkan untuk memindahkan jarak)

Daya diberikan sebagai gaya kali kecepatan untuk gaya konstan (P = Fv). Jika gaya tidak konstan, maka Anda dapat menggunakan gaya rata-rata selama waktu yang dibutuhkan. Kecepatan dalam hal ini adalah kecepatan rata-rata, yaitu, jarak tempuh selama waktu yang dibutuhkan.

Oleh karena itu,

Daya = Gaya x jarak / waktu, atau dalam British dinyatakan dengan

Power = Force x displacement / time, atau dinyatakan dengan singkat

Power = F x d / t

Selanjutnya dari contoh di atas, akan didapat:

$$\text{Power} = \frac{F \times d}{t} = \frac{5000\ \text{lb} \times 2\ \text{ft}}{30\ \text{s}} = 334\ \frac{\text{pound} - \text{feet}}{\text{second}} = 334\ \frac{\text{lb} - \text{ft}}{\text{s}}$$

Kemudian dengan mengonversi ke satuan tenaga kuda (*Horse Power* = *HP*) menggunakan faktor konversi:

$550\ \frac{\text{lb} - \text{ft}}{\text{s}}$ = 1 *HP*.

Oleh karena itu, dengan mengalikan $334\ \frac{\text{lb} - \text{ft}}{\text{s}}$ dengan [1 *HP* / (550 $\frac{\text{lb} - \text{ft}}{\text{s}}$)], kita mendapatkan bahwa kita memerlukan daya sebesar 0,61 *HP*.

Dengan demikian, maka sebuah silinder penggerak harus dipasang di mana dapat memberikan 0,61 *HP*. Silinder penggerak untuk menarik kembali landing gear harus terpasang sehingga dapat bergerak agar batang piston dalam silinder penggerak tidak akan membengkok. Sebuah selang fleksibel untuk jalur tekanan minyak diletakkan pada rangkaian silinder sehingga tidak akan rusak selama gerakan.

1.2.15. Peran Udara Pada Hidraulik

Beberapa komponen hidraulik memerlukan udara serta oli hidraulik untuk operasi mereka . Komponen hidraulik lainnya tidak, dan sebaliknya kinerja mereka sangat terganggu jika udara sengaja bocor masuk ke dalam sistem.

Sosialisasi dengan prinsip-prinsip dasar pneumatik membantu dalam memahami operasi dari kedua komponen hidraulik yang membutuhkan udara serta mereka yang tidak. Ini membantu, juga dalam memahami bagaimana udara bisa mengganggu operasi normal dari sistem hidraulik jika ia hadir dalam sistem di mana seharusnya tidak terjadi.

Udara. Ketika digunakan dalam referensi untuk hidraulika, udara diartikan sebagai udara atmosfer. Secara singkat, udara didefinisikan sebagai suatu yang kompleks, campuran tak tertentu dari banyak gas. Dari gas individu masing-masing yang membentuk udara atmosfir, 90 persen atau lebih (dalam volume) adalah oksigen (O2) dan nitrogen (N2).

Penggunaan Udara dalam Sistem Hidraulik. Ketika dikenai suatu gaya, gas (seperti udara atau nitrogen) bekerja dengan cara yang mirip dengan pegas: ia melentur tetapi mendorong kembali dengan gaya sebanyak yang diterapkan untuk itu. Karakteristik gas ini membuat mereka berguna dalam sistem pesawat.

(1) Gas yang digunakan

Udara adalah gas yang biasa digunakan dalam sistem hidraulik. Ini digunakan dalam akumulator, penopang kejut, dan sistem darurat dan memberikan penekanan sistem tangki reservoar. Dalam hal kompresibilitas, hampir semua gas dapat digunakan, tetapi banyak yang berbahaya karena mereka mudah terbakar atau meledak. Nitrogen murni adalah satu-satunya pengganti yang aman untuk udara atmosfer dalam sistem hidraulik, dan itu adalah satu-satunya pengganti yang diijinkan.

(2) Hukum Boyle

Dengan asumsi suhu konstan, volume gas tertutup berubah secara berkebalikan dengan pengubahan tekanan. Sebagai contoh, jika volume tertentu gas berkurang sampai separuh dari awalnya, maka tekanannya dua kali lipat atau, jika volume berlipat dua kalinya, maka tekanan menjadi setengahnya. Karakteristik gas seperti ini dikenal sebagai hukum Boyle dan dinyatakan dengan persamaan:

$$V \times P = V_1 \times P_1$$

Keterangan:

V = Volume awal

P = Tekanan awal

V_1 = Volume perubahan

P_1 = Tekanan perubahan

Jika ukuran dari setiap tiga faktor ini diketahui, maka faktor keempat dapat ditentukan. Untuk ilustrasi, mari kita asumsikan bahwa 30 inci kubik gas (V) pada suhu konstan dan di bawah tekanan 90 psi (P) dipaksa masuk ke ruang 15 kubik inci (V_1). Untuk menemukan tekanan perbahannya (P_1) kita mengganti dalam persamaan sebagai berikut.

$90 \times 30 = 15 \times P_1$

$2700 = 15P_1$

$2700 / 15 = P_1$

$180 = P_1$

Beberapa pengetahuan tentang karakteristik fisik udara adalah cukup penting untuk pembelajaran ini. Karena sifat-sifat fisik dari semua gas, termasuk udara, adalah sama, sebuah studi sifat ini dibuat dengan mengacu pada gas pada umumnya. Sangatla penting untuk menyadari, bagaimanapun, meskipun serupa dalam karakteristik fisik, gas sangat berbeda dalam komposisi kimia masing-masing. Perbedaan ini membuat beberapa gas sangat berbahaya ketika berada di bawah tekanan atau ketika mereka berada dalam kontak dengan zat tertentu.

Udara dan Nitrogen

Udara dan nitrogen murni adalah gas inert (gas mulya) yang aman dan cocok untuk digunakan dalam sistem hidraulik .

PERINGATAN:

Hanya Udara dan Nitrogen murni diperbolehkan untuk digunakan pada sistem hidraulik pesawat militer atau perlengkapan yang berkaitan (Ref: Untuk 1--1--312 “Gunakan Udara dan Nitrogen tekanan tinggi pada semua pesawat”). Bagaimanapun juga tidak dapat gas-gas lain digunakan, karena bencana ledakan tertentu bisa terjadi. Hati-hati terutama untuk oksigen dan asetilin.

Paling sering udara yang digunakan dalam sistem hidraulik ditarik keluar dari atmosfer dan dipaksa masuk ke dalam sistem hidraulik melalui sebuah kompresor

udara. Nitrogen murni, bagaimanapun, adalah hanya tersedia sebagai gas terkompresi dalam botol.

Aplikasi pada Hidraulik

Kemampuan gas untuk bekerja dengan cara pegas adalah penting dalam hidraulika. Karakteristik ini digunakan pada beberapa sistem hidraulik untuk memungkinkan sistem tersebut menyerap, menyimpan, dan melepaskan energi fluida sesuai yang diperlukan. Kemampuan dalam sistem ini sering disediakan melalui satu komponen yang dirancang untuk menghasilkan kerja seperti pegas. Dalam kebanyakan kasus, komponen tersebut menggunakan udara , meskipun pegas mungkin sama-sama cocok dari sudut pandang kinerja. Udara adalah lebih unggul untuk sebuah sifat pemegasan karena berat badan yang ringan dan karena tidak terkena kegagalan akibat kelelahan logam seperti halnya pegas. Penggunaan paling umum dari udara dalam sistem hidraulik ditemukan dalam akumulator dan batang kejut (*shock struts*).

Kerusakan yang disebabkan oleh Udara

Secara umum, semua komponen dan sistem yang tidak memerlukan gas dalam pengoperasiannya sampai batas tertentu, dirugikan oleh keberadaan udara. Contohnya adalah umpan balik yang berlebihan dari suara yang keras dari kontrol penerbangan selama operasi, dan kegagalan rem roda dan rotor untuk berhenti dan menahan. Malfungsi atau kegagalan ini dapat segera diperbaiki dengan "menguras sistem": cara yang terkontrol yang memungkinkan udara untuk keluar dari sistem. Proses ini dijelaskan secara rinci pada pesawat tertentu yang bersangkutan sesuai dan harus mengikuti prosedur yang telah ditetapkan oleh fabrikan atau pembuat pesawat tersebut.

c. Rangkuman Kegiatan Belajar 1

Konsep Dasar Hidraulik

Hidraulik adalah penggunaan cairan di bawah tekanan untuk memindahkan gaya.

Pada pesawat terbang, hidraulik digunakan untuk mengoperasikan peralatan roda pendarat (*landing gear*) yang ditarik, rem, kontrol penerbangan , propeller pitch, dan akses jalan pemuatan (*loading ramps*).

Karakteristik yang baik pada sistem hidraulik adalah yang berkaitan dengan efisiensinya, kehandalan, kepekaan pengendalian, keluwesan pemasangan, membutuhkan sedikit ruangan, bersifat melumas sendiri, dan sedikit atau sederhana dalam perawatannya.

Hidraulik beroperasi pada prinsip-prinsip gaya dan tekanan.

Dalam Sistem Satuan Imperial atau Sistem British yang biasa digunakan dalam bidang teknik (terutama di Amerika), ukuran gaya adalah pound (disingkat dengan lb), dan luas area atau penampang adalah inci persegi (*square inch*) . Dengan demikian, pengukuran tekanan akibat bekerjanya suatu gaya dinyatakan dalam *pound per square inch* (disingkat dengan *psi*).

Dalam Sistem Satuan Internasional yang juga disebut Sistem Metrik, satuan untuk gaya adalah newton (disingkat dengan N), satuan luas dinyatakan dalam meter persegi atau meter kuadrat (disingkat m^2), dan satuan untuk tekanan adalah newton per meter kuadrat atau ditulis dengan singkat menjadi N/m^2.

Catatan: N/m^2 sering kali ditulis menjadi pascal (ditulis singkat Pa).

Jadi: $1\ N/m^2 = 1\ Pa$

Gaya diteruskan melalui cairan tertutup tanpa pengubahan intensitas ke seluruh bagian cairan .

Keuntungan mekanik adalah sama dengan rasio atau perbandingan gaya atau ketahanan yang di atasi dengan pemberian gaya atau upaya yang lebih rendah melalui suatu mesin sederhana.

Keuntungan mekanik yang diperoleh adalah dengan mengorbankan kehilangan jarak.

Tingkat di mana keuntungan mekanik diproduksi dengan cara hidraulik adalah berbanding langsung pada rasio ukuran luas area yang lebih kecil (*input*) dengan ukuran luas area yang lebih besar (*output*).

Beberapa komponen hidraulik, seperti batang kejut (*shock struts*) dan akumulator, memerlukan udara dengan cairan hidraulik untuk pengoperasiannya.

Udara atmosfer dan nitrogen murni adalah satu-satunya gas yang diijinkan untuk digunakan dalam pesawat terbang militer (di USA).

Hanya cairan hidraulik berbahan dasar mineral yang diijinkan untuk digunakan dalam sistem hidraulik pesawat terbang.

Cairan operasional MIL-H-83282 adalah untuk menggantikan MIL-H-5606, cairan pengawet adalah MIL-H-6083A.

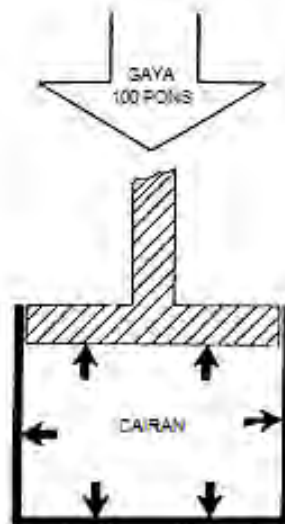
Perawatan harus dilakukan untuk memastikan tidak ada kontaminasi yang diperbolehkan untuk memasuki sistem hidraulik.

Cairan hidraulik cukup mudah terbakar dan harus ditangani dan disimpan dengan tindakan yang sama seperti produk POL (*Product Of Lubricant*) lainnya.

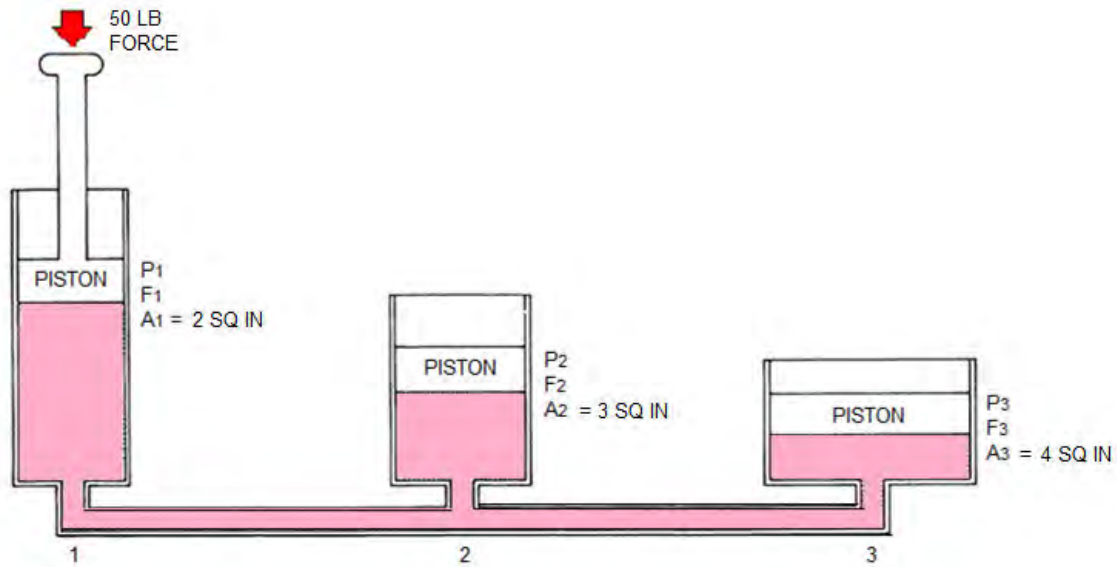
d. Tugas Kegiatan Belajar 1

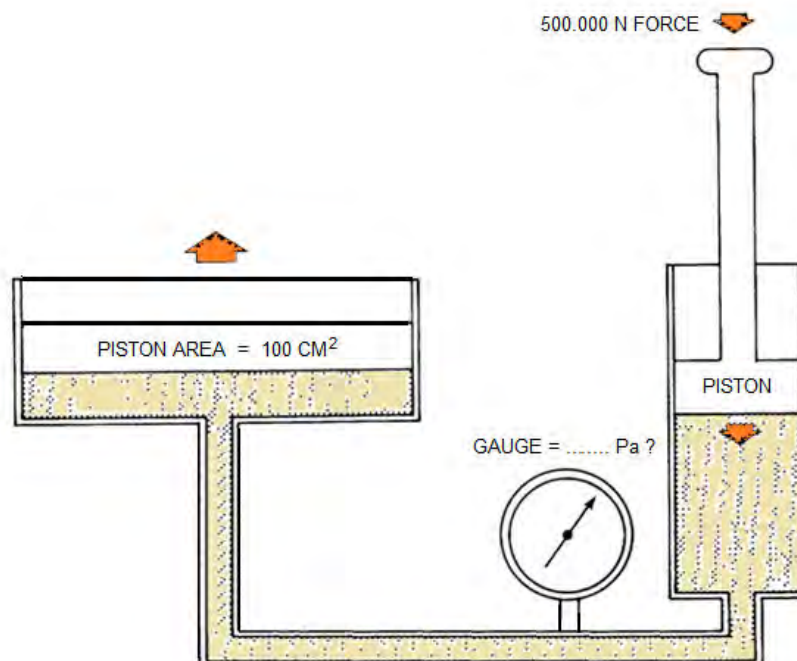
Konsep Dasar Hidraulik

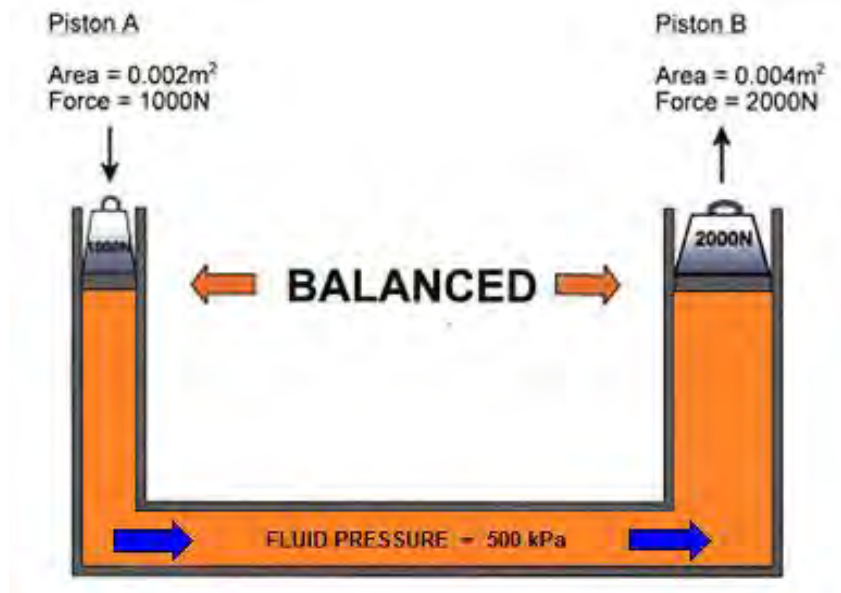
1 Pada Gambar untuk Tugas 1.1 di bawah ini, gaya konstan 100 lb bekerja pada piston yang memiliki diameter 0,5 feet. Hitung berapa psi tekanan yang terjadi pada cairan hidraulik !

Catatan: 1 feet = 12 inch

Gambar untuk Tugas 1.1.

2 Pada Gambar untuk Tugas 1.2 di bawah ini, gaya konstan 50 pounds bekerja pada piston 1 yang memiliki luas penampang 2 *square inch*. Hitung berapa *psi* tekanan yang terjadi pada piston 2 dan pada piston 3 ! (dalam hal ini piston 2 dan

piston 3 terkunci tidak bisa bergerak). Hitung pula berapa pounds gaya yang bekerja pada piston 2 dan piston 3.

Gambar untuk Tugas 1.2.

3 Pada Gambar untuk Tugas 1.3 di bawah ini, gaya konstan 500.000 newton bekerja pada piston kanan. Jika luas penampang piston kiri 100 cm^2, dan gaya angkat piston kiri diharapkan bisa mencapai 5 kali dari gaya yang diberikan di piston kanan, berapakah luas penampang piston kanan harus dibuat ?. Dalam keadaan tersebut berapa pascal tekanan yang terjadi pada cairan hidraulik ?.

Gambar untuk Tugas 1.3

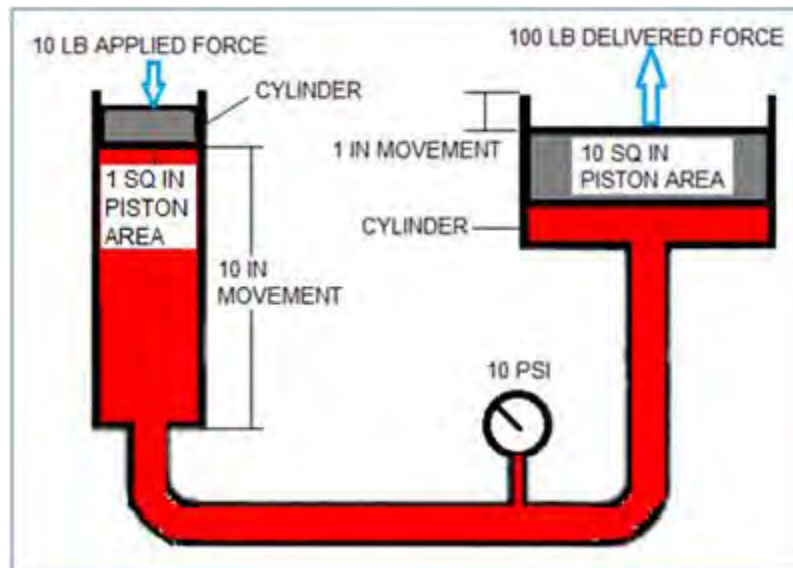
4 Perhatikan Gambar untuk Tugas 1.4 di bawah ini !. Setelah itu hitunglah berapa mm ukuran diameter Piston A, dan berapa mm pula ukuran diameter Piston B ?.

Gambar untuk Tugas 1-4

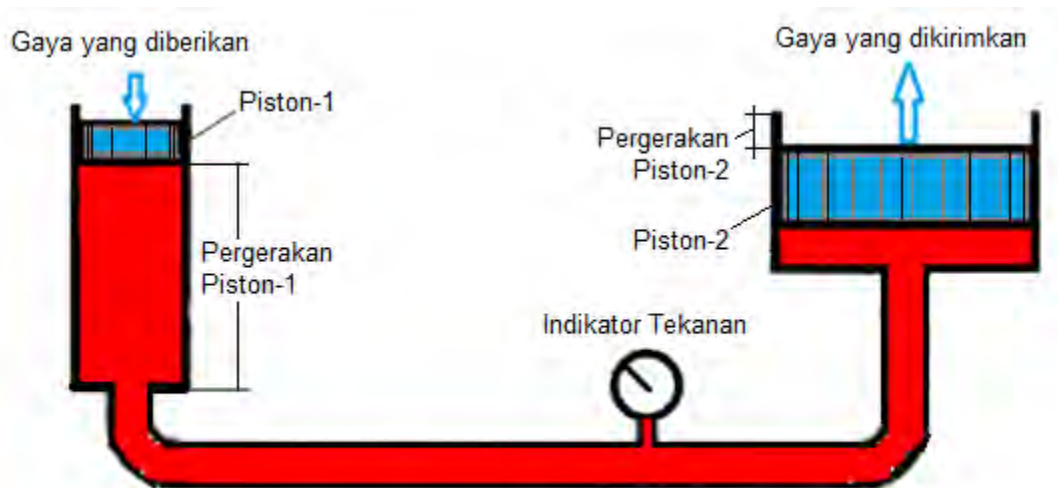
5 Perhatikan Gambar untuk Tugas 1-5 di bawah ini!. Jika gaya konstan 10 lb bekerja pada piston kiri, hitunglah berapa ft-lb usaha yang dilakukan oleh Piston Kiri. Hitung pula berapa cc (tulis sampai satu angka di belakang koma) volume cairan hidraulik yang dipindahkan pada perpindahan piston kiri sejauh atau pada jarak 10 inch tersebut.

Catatan: 1 feet = 12 inch

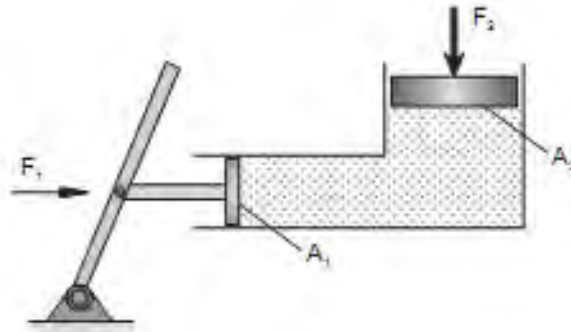
ft-lb (dibaca foot pounds); cc (singkatan centimeter cubic atau cm^3)

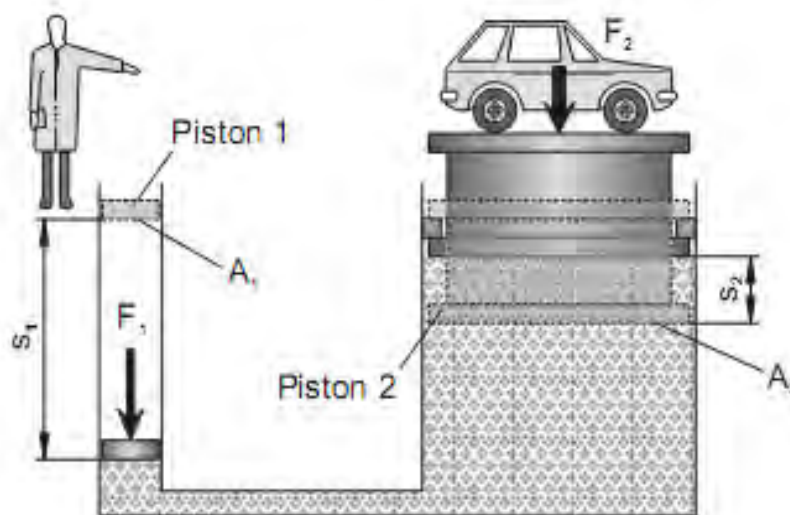
1 inch = 2,54 cm

1 $inch^3$ = 16,4 cc , (atau dibalik 1 cc = 0,06 $inch^3$)

Gambar untuk Tugas 1-5

6 Perhatikan Gambar untuk Tugas 1-6 di bawah ini!. Jika tertulis data sebagai berikut: Gaya tetap yang diberikan = 1.000 N; Pergerakan Piston-1 = 20 cm; Diameter Piston-1 = 40 mm; Indikator Tekanan menunjukkan angka 79.618 Pa. Hitunglah berapa joule usaha atau kerja yang dilakukan oleh Piston-1 pada satu langkah penuh pergerakannya.! (**catatan**: 1 joule = 1 newton-meter atau disingkat 1 J = 1 Nm)

Gambar untuk Tugas 1-6

7 Sebuah kendaraan seperti ilustrasi pada Gambar untuk Tugas 1-7, diangkat dengan dongkrak hidraulik (*hydraulic jack*). Jika jumlah massa kendaraan 1.500 kg. Berapa besar gaya F_1 yang diperlukan pada piston?

Jika diketahui: A_1 = 40 cm^2 ; A_2 = 1200 cm^2 ; g = 10 m/s^2.

Gambar untuk Tugas 1-7

8 Perhatikan Gambar untuk Tugas 1-8 di bawah ini!. Jika diketahui A_1 = 40 cm^2; A_2 = 1.200 cm_2; dan s_1 = 15cm. Hitunglah berapa cm mobil F_2 terangkat ?

Gambar untuk Tugas 1-8

1.5 TES FORMATIF 1

Item berikut akan menguji pemahaman Anda tentang materi yang dibahas dalam pelajaran ini. Hanya ada satu jawaban yang benar untuk setiap pertanyaan. Jika Anda telah menyelesaikan latihan, cocokkan jawaban Anda dengan kunci jawaban

yang berikut. Jika Anda menjawab item apapun salah, belajar lagi bagian dari pelajaran yang berisi bagian tersebut.!

1. Apakah satuan luas area untuk pengukuran tekanan pada sistem Imperial ?

   A. Pound-inci
   B. Inci kuadrat
   C. Pound-kaki
   D. Kaki kuadrat

2. Apa yang terjadi pada tubuh cairan ketika terjadi kenaikan suhu ?

   A. Mengurangi ukuran
   B. Menambah ukuran
   C. Ukuran tetap sama
   D. Menambah tekanan statis

3. Berapa banyak energi yang ditransmisikan melalui sistem hidraulik diterima pada akhir output?

   A. 88 persen
   B. 99 persen
   C. Praktis tidak ada
   D. Praktis semuanya

4. Apa rumus yang digunakan untuk mendapatkan jumlah tekanan yang diberikan ?

   A. $P = \frac{F}{A}$

   B. $P = F \times A$

   C. $F = \frac{P}{A}$

   D. $A = \frac{F}{P}$

5. Cairan di bawah tekanan selalu mengalir ke arah ?

   A. Tekanan sama
   B. Tekanan sedang
   C. Tekanan tertinggi
   D. Tekanan terendah

6. Gas apa yang dapat digunakan ketika melayani sistem hidraulik atau peralatan terkait ?

   A. Oksigen dan nitrogen murni
   B. Udara dan nitrogen murni
   C. Asetilin dan oksigen murni
   D. Nitrogen dan asetilin

7. Ada berapa jenis umum cairan hidraulik yang ada?

   A. Satu
   B. Dua
   C. Tiga
   D. Enam

8. Apa nomor penandaan militer untuk cairan pengawet ?

   A. MIL - H - 8063A
   B. MIL - H - 6380A
   C. MIL - H - 6083A
   D. MIL - H - 5083A

9. Apa petunjuk teknis mencakup pembuangan cairan yang digunakan dan tersisa di galon atau tempat literan ?

   A. TM 10-1001
   B. TM 10-1011
   C. TM 10-1101
   D. TM 10-1110

10. Dalam manual teknis apa, Anda dapat menemukan daftar bahan pembersih resmi dan rincian penggunaannya dalam hidraulik dan komponen ?

   A. TM 10-1101
   B. TM 1-1500-204-23-2
   C. TM 55-1500-334-25
   D. TM 750-125

1.6 KUNCI JAWABAN TES FORMATIF 1

Item	Jawaban yang Benar dan Umpan Balik	
1	B.	Inci kuadrat Pada sistem Imperial atau British, inci persegi adalah ukuran yang digunakan untuk mengekspresikan gaya yang diterapkan pada suatu luas area.
2	B	Meningkatkan ukuran Suhu memiliki efek pada cairan. Panas yang diberikan menyebabkan cairan sedikit mengembang, sementara dingin memiliki efek sebaliknya.
3	D	D. Praktis semuanya Sebuah sistem hidraulik sangat efisien. Hampir tidak ada kerugian kecuali yang berkaitan dengan hubungan mekanik.
4	A	$P = \frac{F}{A}$
		Tekanan yang diberikan dapat ditentukan dengan membagi gaya terhadap luas area.
5	D	Tekanan terendah Cairan mengalir menuju tempat yang kawasan paling rendah tahananya.
6	B	Udara dan nitrogen murni Menggunakan kombinasi yang salah dari gas dapat menyebabkan ledakan. Anda harus menggunakan hanya udara dan nitrogen murni.
7	B	Dua Anda dapat menggunakan salah satu cairan hidraulik berbahan dasar nabati atau berbahan dasar mineral, namun Anda tidak boleh mencampurnya atau menukar dari satu ke yang lain.

Item	Jawaban yang Benar dan Umpan Balik	
8	C	MIL-H-6083A MIL-H-6083A adalah cairan pengawet. Perawatan harus dilakukan, tidak mencampur adukan dengan cairan operasional.
9	C	TM 10-1101 TM 10-1101 memberitahu Anda bagaimana untuk menyingkirkan cairan yang tidak terpakai yang tersisa dalam tempat galon dan literan.
10	B	TM 1-1500-204-23-2 Jika Anda ingin tahu apa bahan pembersih yang digunakan, periksa TM 1-1500-204-23-2. Pastikan manual teknis pada saat ini dengan semua perubahan yang ada.

1.7 LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK 1

Konsep Dasar Hidraulik dan Pneumatik

Tujuan:

1. Dapat mengidentifikasi bagian utama sistem hidraulik sederhana. Dalam hal ini menggunakan model **Sistem Hidraulik Pasif** yaitu dongkrak mobil.
2. Mengukur perbandingan panjang langkah pompa dan langkah silinder penggerak (aktuator) pada berbagai langkah.
3. Mengukur perbandingan gaya yang diberikan pada pompa dan berat yang bisa diangkat oleh aktuator.
4. Dapat melakukan pemeriksaan rutin / berkala pada sistem hidraulik.
5. Dapat melakukan perawatan secara rutin / berkala pada sistem hidraulik

Alat dan Bahan:

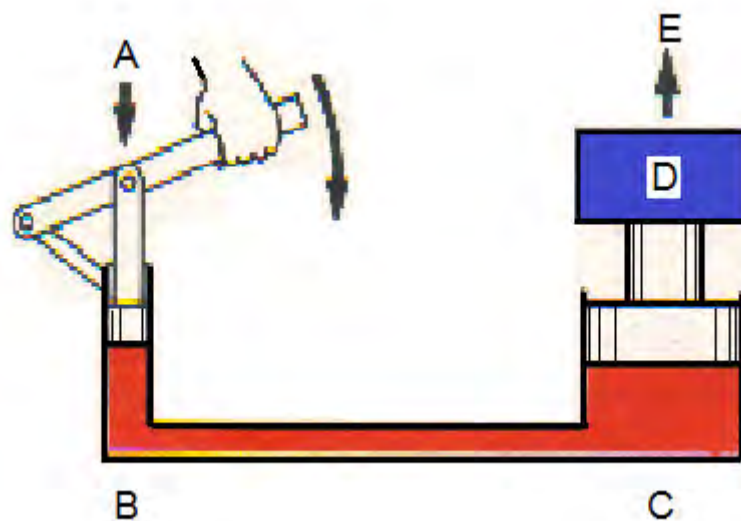
1. Dongkrak hidraulik mobil.
2. Alat – alat tangan (hand tool)
3. Kain pembersih (majun)
4. Cairan pembersih
5. Sebuah cermin kecil

Keselamatan Kerja:

1. Pastikan Sistem rem bekerja dengan baik atau engine dalam keadan mati.
2. Pastikan tidak ada minyak / fluida hidraulik yang tercecer dilantai.
3. Pastikan ruangan dalam keadaan bersih.
4. Selalu memperhatikan **K3**

Langkah kerja:

1. Bukalah semua penutup / body yang menutupi sistem hidraulik
2. Periksalah mulai dari reservoir fluida / minyak hidraulik, apakah kurang, cukup, berubah warna serta kekentalannya dan sebagainya.
3. Periksalah pompa hidraulik, pastikan tidak ada kebocoran internal
4. Periksalah bagian actuator, pastikan silinder dapat bekerja sempurna, langkah batang silinder sesuai spesifikasi.
5. Periksalah sambungan – sambungan pipa atau selang
6. Periksalah keadaan pipa dan selang apakah berkarat, retak, pecah-pecah dan sebagainya.

Setelah memperhatikan dongkrak mobil yang telah disediakan, seperti yang tertera pada Gambar untuk Lembar Kerja, lakukan pengamatan sekaligus pengecekan dengan cara mengisi isian pada format berikut:

Gambar Untuk Lembar Kerja

No	Nama Komponen yang Diperiksa	Hasil Pemeriksaan	Ket
1	Pada gambar untuk lembar kerja: Bagian dengan tanda A Bagian dengan tanda B	 A menunjukkan ... B menunjukkan ...	

No	Nama Komponen yang Diperiksa	Hasil Pemeriksaan	Ket
	Bagian dengan tanda C Bagian dengan tanda D Bagian dengan tanda E	C menunjukkan ... D menunjukkan ... E menunjukkan ...	
2	Perbandingan jarak langkah piston B dengan piston C satu langkah.	Satu langkah piston B = ... cm, menghasilkan satu langkah piston C = ... cm	
3	Perbandingan gaya yang diberikan dengan gaya atau beban yang bisa diangkat.	Satu kg gaya konstan yang diberikan pada piston B, bisa mengangkat beban sebesar ... kg gaya pada piston C.	
4	Fluida / minyak hidraulik: a. jenis b. jumlah c. keadaan d. warna		
5.	Pompa hidraulik: a. jenis b. keadaan c. kebocoran		
6	Aktuator: a. jenis b. jumlah silinder c. keadaan silinder d. seal		

No	Nama Komponen yang Diperiksa	Hasil Pemeriksaan	Ket
7	Pipa dan selang: a. keadaan pipa b. keadaan selang c. keadaan fitting		
8	Kesimpulan hasil pemeriksaan :		

2. Kegiatan Belajar 2 Sistem Hidraulik dan Komponennya

2.1 Tujuan Belajar 2

Setelah selesai mempelajari seluruh isi yang terkandung dalam kegiatan pembelajaran ini, diharapkan siswa dapat:

(1). Menjelaskan definisi sistem hidolik pada pesawat.

(2). Menguraikan berbagai manfaat sistem hidraulik dalam kehidupan sehari-hari.

(3). Menjelaskan keuntungan penggunaan sistem hidraulik pada pesawat udara.

(4). Merinci bagian-bagian utama sistem hidraulik pada pesawat udara.

(5). Merinci komponen-komponen yang terdapat pada power supply.

(6). Menjelaskan berbagai peralatan pada pesawat udara yang dioperasikan dengan sistem hidraulik.

2.2 Uraian Materi 2

2.2.1 Pengantar

Hidraulik pesawat udara adalah sarana untuk mentransmisikan tenaga atau daya dari satu tempat ke tempat lainnya secara efisien.

Sistem hidraulik adalah sistem di mana cairan bertekanan digunakan untuk mentransmisikan energi. Sistem hidraulik mengambil tenaga dari mesin pesawat (*engine*) dan mengubah energi dari engine ini menjadi tenaga hidraulik dengan menggunakan pompa hidraulik.

Tenaga hidraulik mungkin diubah kembali menjadi tenaga mekanik dengan menggunakan sebuah silinder penggerak (*actuating cylinder*) atau turbine.

Pengubahan tenaga mekanik menjadi tenaga hidraulik atau sebaliknya diantaranya terdapat pada perangkat berikut:

- Pompa hidraulik mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga hidraulik
- Silinder penggerak mengubah tenaga hidraulik menjadi tenaga mekanik

Keuntungan sistem hidraulik (dibandingkan dengan sistem yang lain untuk penggunaan pesawat udara)

- Ia lebih ringan dalam bobot daripada sistem alternatif yang sudah ada.

- Meniadakan kemungkinan terjadinya kecerobohan dalam respon di tempat yang diminta pada sistem
- Ia bisa dipercaya atau handal baik ketika ia bekerja atau tidak dalam keadaan bekerja.
- Ia dapat dengan mudah dirawat
- Tidak menimbulkan bahaya tersengat listrik, atau bahaya kebakaran.
- Secara praktis dapat mengembangakan gaya atau torsi tak terbatas.

Contoh: Bidang kendali penerbangan harus dapat bergerak hampir seketika atau sesegera munkin. Ini adalah yang bisa dicapai oleh sistem hidraulik. Pada sistem kelistrikan, putaran dinamo harus berhenti total dan kemudian berbalik arah, jika tidak maka dinamo bisa terbakar. Ini tidak akan terjadi pada sistem hidraulik karena tidak dibutuhkan motor pada sistem hidraulik.

Contoh: Pada roda pendarat (*landing gear*) motor hidraulik dapat menghasilkan cukup tenaga untuk menarik sistem *landing gear* tanpa gangguan meskipun beban udara bekerja pada sistem dan aliran udara menyelinap menimpanya.

Silinder penggerak dapat menukar tenaga hidraulik menjadi gerakan lurus atau gerakan memutar. Ia memiliki roda gigi reduksi padanya untuk mereduksi gerakan memutar pada jumlah putaran yang diperlukan. Sebelumnya sistem yang digunakan untuk mengontrol gerakan menggunakan kabel baja yang dihubungkan dengan menggunakan pully diantara mekanik pengontrol (misalnya pedal-pedal kaki) dan bidang-bidang yang dikendalikan (misalnya *rudder*).

Kabel-kabel terpengaruh oleh tingkat pemuaian karena perubahan temperatur. Sistem hidraulik dapat mengontrol gerakan tanpa dikhawatirkan oleh pengaruh temperatur selama ia sistem tertutup (jangan terbuka pada atmosfir) jika dibandingkan dengan sistem kabel. Ini berarti merupakan kontrol yang lebih baik dari pesawat udara dan jeda waktu berkurang diantara gerakan pilot untuk mengendalikan pesawat terbang dan respon yang diterima oleh bidang-bidang kemudi.

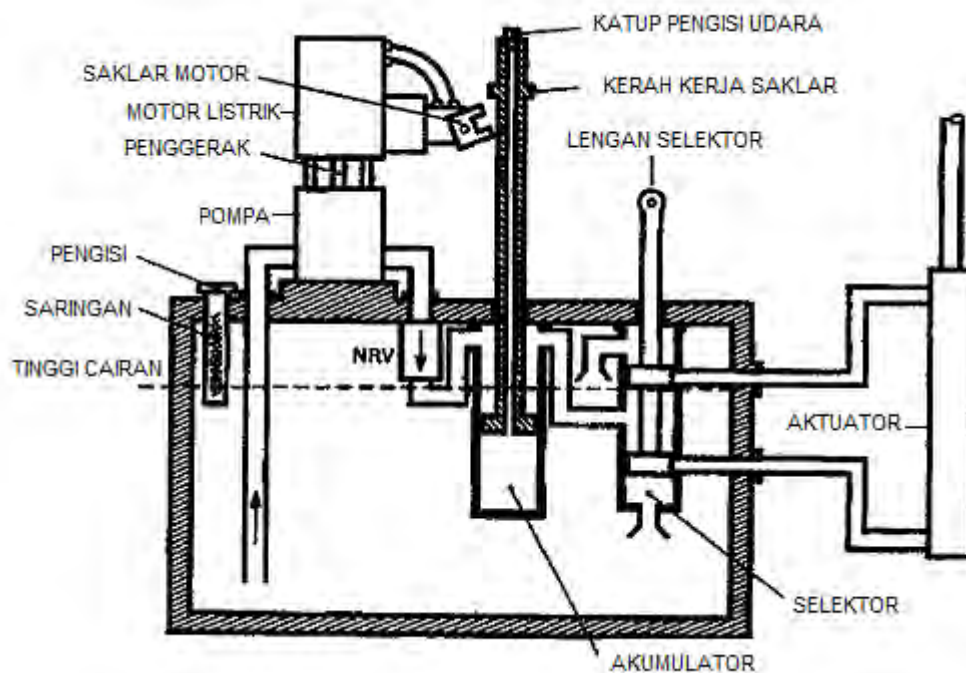
Beberapa peralatan yang dioperasikan dengan sistem hidraulik pada pesawat uadara:

- Bidang-bidang kendali utama
- Penarikan dan pengembangan landing gear
- Pembukaan dan penutupan pintu-pintu dan tutup lubang bawah (*hatchways*)
- Sistem peredam goncangan dan sistem pengangkat katup-katup.
- Mekanik penukar pitch , spoiler di atas flaps.

2.2.2 Bagian-bagian dari sistem hidraulik pada pesawat udara

- ***Power Pack***

Sistem *power pack* adalah salah satu unit di mana komponen utama terbanyak ada di dalamnya, dengan pengecualian aktuator, dan beberapa sistem dari pompa yang tercakup dalam unit isi sendiri. Sistem mungkin beroperasi pada satu dari kedua prinsip yaitu sistem pusat terbuka (*open centre system*) atau sistem tertutup (*closed system*), dan secara luas digunakan pada pesawat terbang.

Gambar 2-1 di bawah ini menunjukkan susunan unit *power pack* sederhana yang digunakan untuk menaikkan dan menurunkan landing gear. Tenaga disediakan oleh akumulator, yang diisi atau dibangkitkan ulang secara otomatis oleh pengoperasian pompa yang dioperasikan dengan listrik. Ketika pilihan telah dibuat, tekanan dalam akumulator berkurang dan plunyer atau piston meningkat sampai krah (*collar*) bersinggungan lengan saklar geser, menyediakan tenaga listrik pada motor pompa. Begitu tekanan terbentuk pada sistem, maka plunyer akumulator menurun sampai ia menyentuh lengan saklar dan mematikan tenaga pada motor pompa. Tekanan terpelihara secara konstan diantara tekanan masuk dan keluar pompa, dan tenaga secara konstan tersedia untuk pengoperasian *landing gear*.

Gambar 2-1. Susunan Power Pack Sederhana

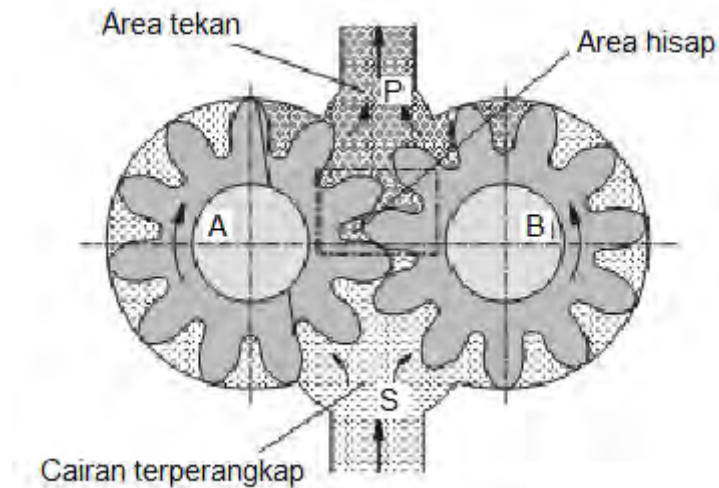
Secara umum unit tenaga atau power pack berfungsi sebagai pembangkit aliran yaitu mengalirkan cairan fluida ke seluruh komponen sistem hidraulik untuk mentransfer tenaga yang diberikan oleh penggerak mula.

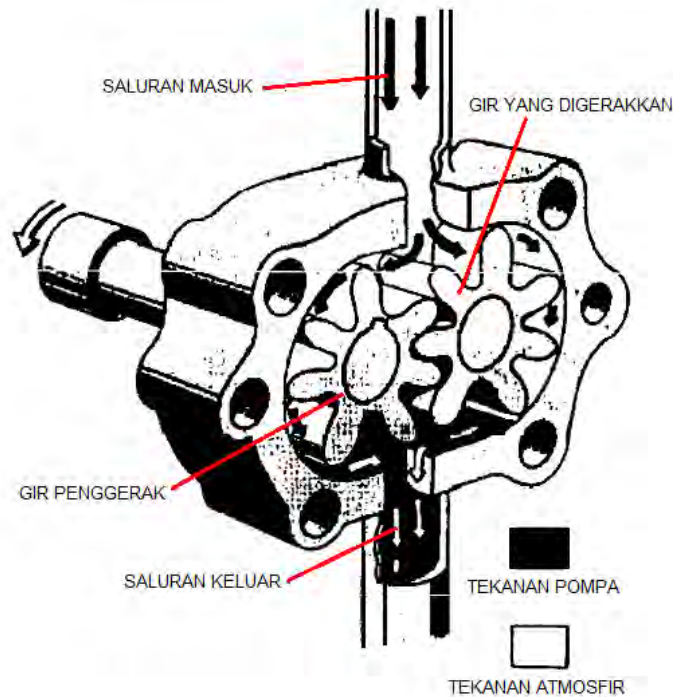
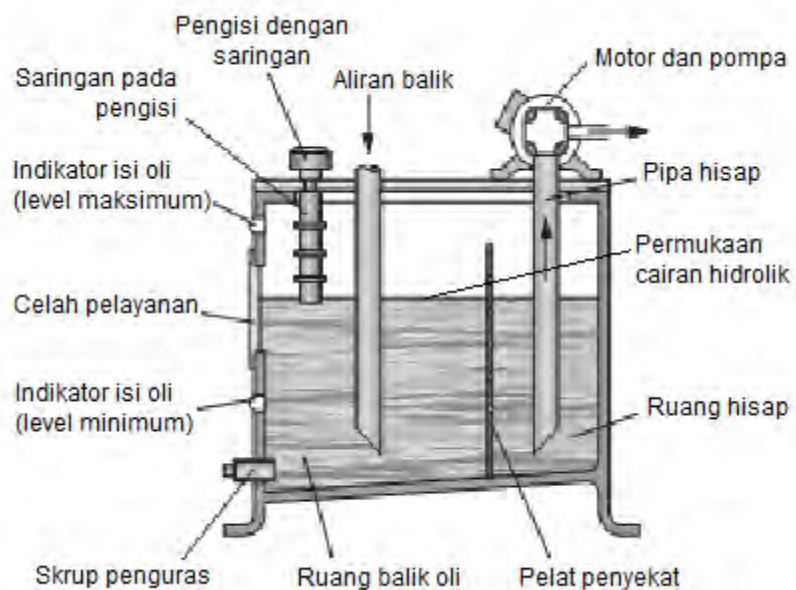
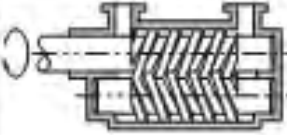
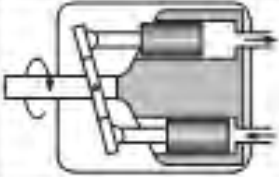
Unit tenaga terdiri atas :

- Penggerak mula (*Primemover*) yang berupa motor listrik atau motor bakar. Penggerak mula menghasilkan tenaga mekanik berupa putaran poros, yaitu dari hasil pengubahan tenaga listrik atau tenaga panas menjadi tenaga mekanik.
- Pompa hidraulik berfungsi mengalirkan cairan hidraulik ke seluruh sistem. Poros pompa hidraulik disambung (dikopel) dengan poros penggerak mula,sehingga begitu penggerak mula berputar maka pompa hidraulik pun berputar. Putaran pompa ini akan menyebabkan terjadinya penyedotan cairan dari tangki hidraulik dan penekanan cairan ke saluran tekan.
- Tangki hidraulik yang fungsi utamanya adalah menampung atau menjadi tempat cairan hidraulik.
- Kelengkapan unit tenaga yang membantu unit ini bekerja dengan baik.

Gambar 2-2 berikut menunjukkan salah satu contoh satu paket unit tenaga atau power pack dari salah satu pesawat / mesin yang menggunakan sistem hidraulik.

Gambar 2-2. Unit Tenaga Hidraulik (*Power Pack*)

Gambar 2-3 di bawah ini menunjukkan salah satu contoh pompa hidraulik dan termasuk jenis pompa roda gigi. Roda gigi penggerak diputar oleh penggerak mula sehingga dengan berputarnya pasangan roda gigi itu terjadilah proses pemompaan oli dari tangki hidraulik. Pada Gambar 2-3, oli dihisap dari tangki (Gambar 2-5) dan dipompakan ke seluruh sistem.

Gambar 2-3. Pompa Hidraulik Jenis Roda Gigi

Gambar 2-4 adalah jenis pompa hidraulik roda gigi (*gear pump*) yang digambarkan secara aksonometri atau piktorial.

Gambar 2-4. Piktorial Pompa Hidraulik Jenis Roda Gigi

Gambar 2-5 Tangki Cairan Hidraulik

- **Pemilihan pompa hidraulik**

Tabel 2-1 pada berikut ini menunjukkan perbandingan karakteristik bermacam-macam pompa hidraulik, sebagai petunjuk untuk memilih pompa agar sesuai dengan kebutuhan.

Tabel 2-1. Karakteristik Pompa Hidraulik

	Types of design	Speed range r.p.m.	Displacement volume (cm^3)	Nominal pressure (bar)	Total efficiency
	Gear pump, internally toothed	500 - 3500	1.2 - 250	63 - 160	0.8 - 0.91
	Gear pump, externally toothed	500 - 3500	4 - 250	160 - 250	0.8 - 0.91
	Screw pump	500 - 4000	4 - 630	25 - 160	0.7 - 0.84
	Rotary vane pump	960 - 3000	5 - 160	100 - 160	0.8 - 0.93
	Axial piston pump	...... - 3000 750 - 3000 750 - 3000	100 25 - 800 25 - 800	200 160 - 250 160 - 320	0.8 - 0.92 0.82 - 0.92 0.8 - 0.92
	Radial piston pump	960 - 3000	5 - 160	160 - 320	0.90

- ### Unit Pengatur (*Control elements*)

Unit pengatur atau unit pengendali atau control elements merupakan bagian yang menjadikan sistem hidraulik termasuk sistem otomasi. Mengapa demikian, karena unit ini akan mengatur atau mengendalikan hasil kerja atau output dari sistem hidraulik sehingga baik gerakan, kecepatan, urutan gerak, arah gerakan maupun kekuatannya dapat diatur secara otomatis. Dengan unit pengatur ini sistem hidraulik dapat didesain untuk berbagai macam tujuan otomatisasi dalam suatu mesin industri,

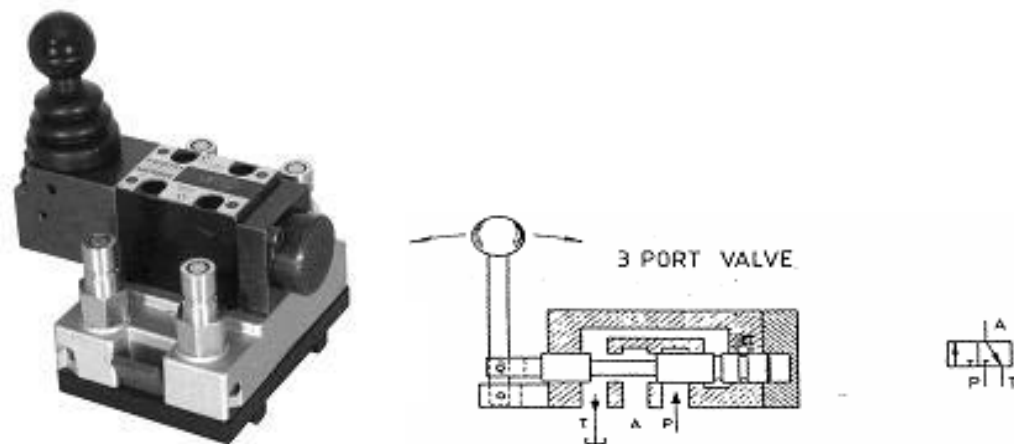
sehingga dapat dikatakan bahwa macam-macam penggunaan sistem kontrol hidraulik sangat luas dan hanya dibatasi oleh daya kreatifitas perancangnya.

Unit pengatur ini biasanya diwujudkan dalam bentuk katup (*valve*) yang menurut fungsinya dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) yaitu :

a. Katup pengarah (*Directional Control Valve*).
b. Katup pengatur tekanan (*Pressure Regulator*).
c. Katup pengatur aliran (*Flow Control Valve*).

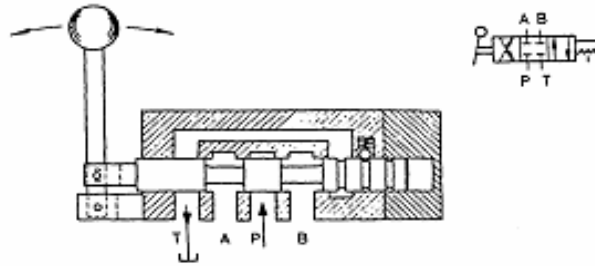
- **Katup Pengarah (Directional Control Valve):**

Sesuai dengan namanya katup pengarah ini berfungsi untuk mengatur arah jalannya cairan hidraulik untuk mendorong aktuator atau dengan kata lain katup pengarah berfungsi untuk mengarahkan gerakan aktuator. Gambar 2-6 dan 2-7 berikut ini adalah contoh-contoh katup pengarah.

Katup pengarah di bawah ini disebut katup 3/2, penggerak manual/lever. Artinya pada katup ini terdapat 3 (tiga) saluran (lubang), mempunyai dua posisi yaitu posisi netral (sebelum dioperasikan) dan posisi ON setelah dioperasikan untuk menggerakkan aktuator. Katup ini beroperasinya digerakkan secara manual oleh tuas atau lever.

Gambar 2-6 Katup Pengarah 3/2

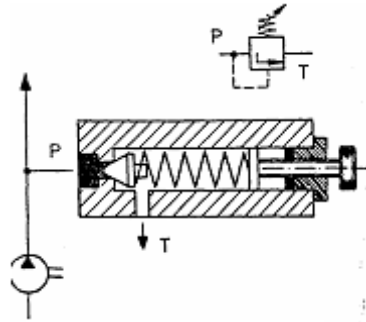
Katup pengarah di bawah ini (Gambar 2-5) adalah katup 4/3, penggerak lever dengan penahan (4/3, DCV, manually with detent). Saluran-salurannya atau lubang (port) diberi nama sebagai berikut:

- Saluran P atau 1 adalah saluran masuk yaitu cairan hidraulik dari pompa masuk ke katup.
- Saluran A dan B atau 2 dan 4 adalah saluran operasional yang menghubungkan katup ke/dari aktuator.
- Saluran T atau 3 adalah saluran buang yang menghubungkan katup dengan tangki hidraulik.

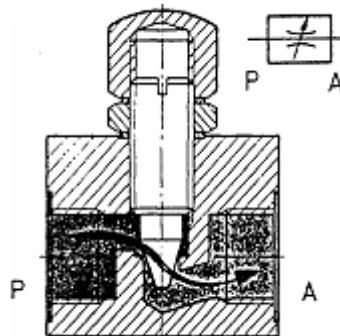
Pada katup ini posisi netral adalah posisi tengah.

Gambar 2-7 Katup 4/3 Penggerak Lever dengan Pengunci (*Detent*)

- **Katup Pengatur Tekanan (*Pressure Regulator*)**

Katup ini berfungsi untuk mengatur tekanan cairan hidraulik yang bekerja pada sistem. Kita tahu bahwa pada cairan hidraulik yang mengalir bebas tanpa hambatan tidak akan terjadi tekanan. Hanya apabila ada hambatan atau blok barulah terjadi tekanan pada cairan hidraulik. Semakin lama pompa hidraulik bekerja dan semakin lama terjadi blok maka tekanan akan meningkat. Untuk membatasi tekanan kerja sistem hidraulik maka dipasanglah katup pengatur tekanan tersebut.

Gambar 2-8 berikut menunjukkan salah satu katup pengatur tekanan yang sederhana. Apabila tekanan cairan hidraulik berlebihan maka dia akan masuk ke katup pengatur tekanan melalui saluran (lubang) P dan mampu mendorong katup popet atau peluru yang ditahan oleh pegas sehingga cairan keluar melalui T terus ke tangki.

Gambar 2-8 Katup Pengatur Tekanan (*Relief Valve*) sederhana

- **Katup Pengatur Aliran (*Flow Control Valve*)**

Katup ini berfungsi untuk mengatur besar-kecilnya aliran cairan yang melalui saluran. Gambar 2-7 berikut ini adalah salah satu contoh katup pengatur aliran (*flow control*) yang dapat disetel. Apabila baut penyetel diputar ke kanan misalnya, maka saluran akan semakin sempit sehingga cairan yang mengalir semakin sedikit. Dengan semakin kecilnya aliran fluida maka tenaga yang ditransfer pun akan semakin kecil pula.

Gambar 2-7 Katup Pengatur Aliran (*Flow Control Valve*)

- **Unit Penggerak (*Actuator*)**

Unit penggerak hidraulik berfungsi untuk mengubah tenaga fluida (tenaga yang ditransfer oleh fluida) menjadi tenaga mekanik berupa gerakan lurus ataupun gerakan putar.

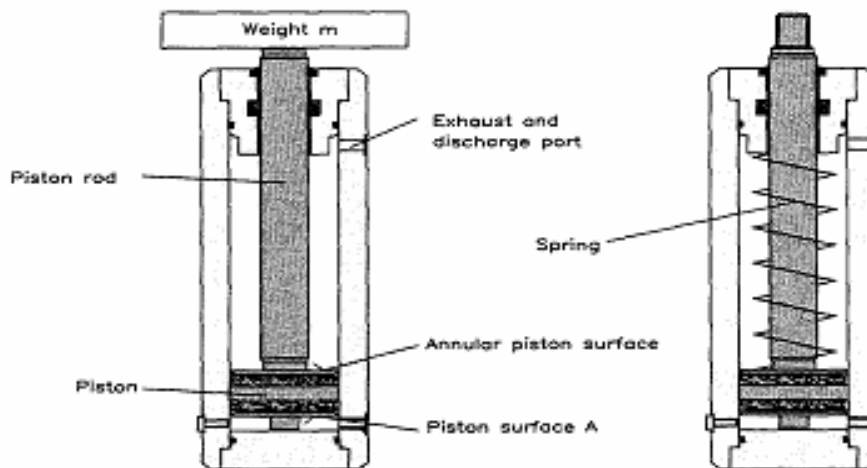
Penggerak hidraulik dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu:

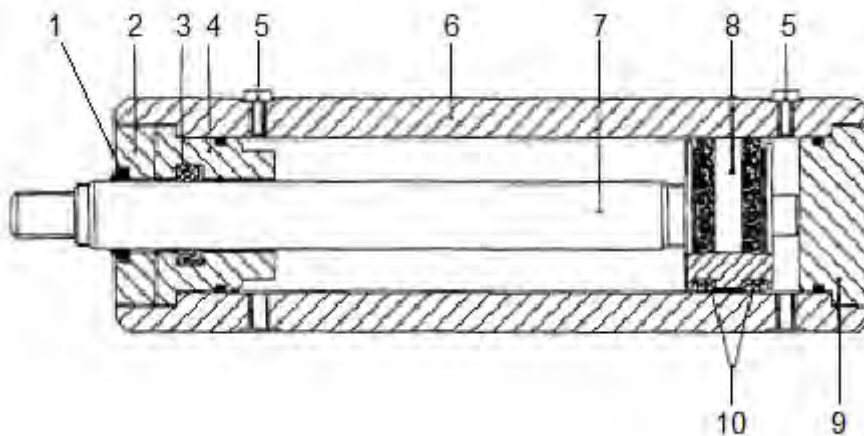
a. Penggerak lurus (*Linear Actuator*):
   1) Silinder kerja tunggal.
   2) Silinder kerja ganda.

b. Penggerak putar (Rotary actuator):

1) Motor hidraulik.

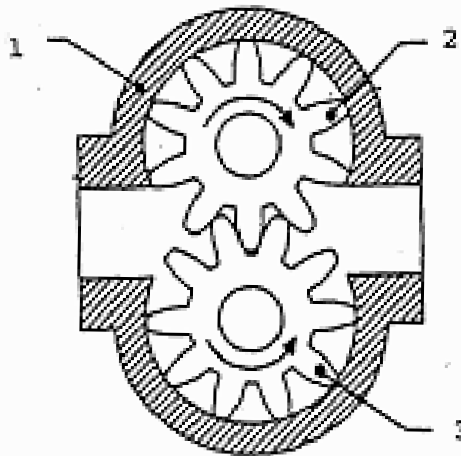
2) Penggerak putar terbatas (Limited rotary actuator).

Gambar 2-8 di bawah ini menunjukkan sebuah silinder hidraulik kerja tunggal, artinya silinder ini mendapat suplai tenaga (dorongan cairan hidraulik) hanya dari satu sisi. Kemudian piston kembali oleh dorongan beban (kiri) dan piston kembali oleh pegas (kanan)

Gambar 2-8 Silinder Hidraulik Kerja Tunggal

Gambar 2-9 di bawah ini menunjukkan silinder kerja ganda, yaitu suplai cairan hidraulik dari kedua sisi silinder. Dua buah saluran masuk dapat kita lihat pada bagian bawah silinder yaitu bagian yang tidak bernomor.

Gambar 2-9 Silinder Hidraulik Kerja Ganda

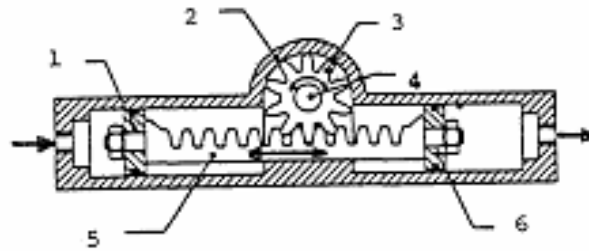
Nama-nama bagian :

1. Seal penyapu (*wiper seal*).
2. Mur pengunci (*lock nut*).
3. Seal batang torak (*piston rod seal*).
4. Bearing (bantalan) batang torak.
5. Baut lubang angin (*venting screw*).
6. Bodi atau tabung silinder (*cylinder barrel*).
7. Batang torak (*piston rod*).
8. Torak (*piston*).
9. Tutup silinder (*cylinder cap*).
10. Seal torak (*ring piston*).

Gambar 2-10 berikut ini menunjukkan salah satu contoh motor hidraulik. Mengapa disebut motor hidraulik karena berputarnya disebabkan oleh dorongan cairan hidraulik dan berputar secara kontinu.

Gambar 2-10 Motor Hidraulik Jenis Motor Roda Gigi

Nama bagian:

1. Bodi motor hidraulik.
2. Roda gigi yang dipasang pada bodi.
3. Roda gigi yang diberi poros output.

Gambar 2-11 di bawah ini menunjukkan salah satu contoh penggerak putar terbatas, yaitu aktuator berputar di bawah (tidak mencapai) 3600 put/men.

Gambar 2-11 Penggerak Putar Terbatas

Nama-nama bagian :

1. Piston kiri.
2. Bodi.
3. Roda gigi pemutar.
4. Poros keluaran (output).
5. Batang bergerigi.
6. Piston kanan.

2.3 Rangkuman 2

Komponen hidraulik terdiri atas :

1. Unit tenaga berfungsi untuk melayani suplai aliran oli/cairan hidraulik yang bersih dan tekanannya sesuai dengan kebutuhan operasi sistem hidraulik.
2. Konduktor dan konektor berfungsi untuk menyambungkan setiap komponen dari yang satu terhadap yang lain serta menyalurkan cairan hidraulik.
3. Unit pengatur berupa katup-katup berfungsi untuk mengatur arah, tekanan, dan aliran udara kempa yang bekerja dalam sistem.
4. Unit penggerak berupa linear actuator dan rotary actuator berfungsi untuk mewujudkan keluaran dari sistem.
5. Cara pengikatan actuator pada bodi mesin atau pesawat yang menggunakan sistem hidraulik.

2.4 Tugas Kegiatan Belajar 2

Lakukan observasi terhadap mesin atau pesawat yang menggunakan sistem hidraulik yang anda miliki kemudian identifikasi komponen-komponen yang ada dengan menggunakan lembar observasi berikut ini :

No	Komponen	Ada/tidak	Jenis	Jumlah
1	Pompa Hidraulik	Ada	Gear Pump	1 buah
2	Tangki hidraulik			
3	Relief valve			
4	Oil level indikator			
5	Pressure gauge			
6	Penggerak mula			
7	Katup pengarah (DCV)			
8	Check valve			
9	Konektor			
10	Konduktor			
11	Flow control			
12	Accumulator			
13	Silinder hidraulik			
14	Motor hidraulik			
15	Penggerak putar terbatas			

2.5 Soal Tes Formatif 2

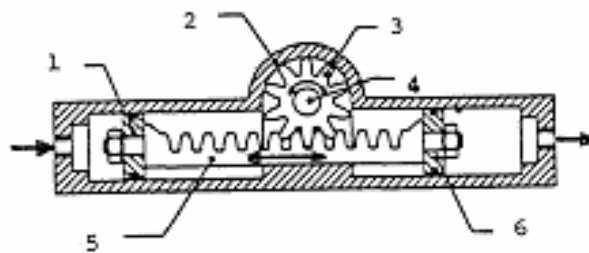
Jawablah soal-soal berikut dengan singkat dan jelas!

1. Apakah fungsi *power supply* unit (unit tenaga) di dalam sistem hidraulik?
2. Sebutkan komponen unit tenaga yang lengkap!
3. Apakah fungsi *konektor* itu?
4. Untuk menyalurkan cairan hidraulik ke dalam sistem hidraulik diperlukan … berupa ….
5. Ditinjau dari fungsinya, unit pengatur atau katup-katup ada tiga jenis. Sebutkan ketiga jenis tersebut dan fungsi masing-masing!
6. Coba jelaskan cara kerja katup *logicAND* dan katup *OR*!
7. Sebutkan macam-macam katup pengatur aliran (*flow control*)!
8. Apa perbedaan fungsi antara *sequence valve* dan *time delly valve*?
9. Jelaskan cara kerja silinder kerja ganda!
10. Apa fungsi *chusion* pada silinder hidraulik?
11. Jelaskan prinsip kerja motor hidraulik!
12. Gambarkan penggerak putar terbatas dengan sebuah bagan!

2.6 Kunci Jawaban Tes Formatif 2

1. Untuk mengatur suplai/membangkitkan aliran oli ke dalam sistem agar oli (cairan hidraulik) memiliki tekanan sesuai dengan keperluan.
2. Komponen unit tenaga :
   a. Penggerak mula.
   b. Pompa hidraulik.
   c. Tangki hidraulik dengan kelengkapannya.
   d. Filter.
   e. *Relief valve*.
   f. *Pressure gauge*.
3. Fungsi *konektor* untuk menyambungkan komponen-komponen hidraulik hingga menjadi satu rangkaian.
4. Konduktor berupa selang atau pipa atau tube.
5. Klasifikasi katup menurut fungsinya:
   a. Katup pengarah untuk mengatur arah gerak *actuator*

b. Katup pengatur tekanan untuk mengatur tekanan udara kempa yang masuk maupun yang ada dalam sistem.
c. Katup pengatur aliran untuk mengatur besar kecilnya aliran udara sesuai keperluan.

6. Cara kerja katup *AND* apabila ada sinyal dari kedua sisi bersamaan maka katup aktif. Cara kerja katup *OR*, katup akan aktif apabila ada sinyal dari salah satu sisi atau dari kedua sisi.
7. Macam-macam katup pengatur aliran:
   a. *Fix flow control*.
   b. *Adjustable flow control*.
   c. *Adjustable flow control with check valve bypass*.
8. *Sequence valve* untuk mengatur urutan langkah kerja sedang *time delly valve* untuk mengatur lama waktu penundaan operasi suatu *aktuator*.
9. Bila tekanan masuk dari saluran belakang, piston akan bergerak maju dan apabila tekanan dari saluran depan silinder akan bergerak mundur.
10. Fungsi *chusion* adalah sebagai bantalan atau pegas fluida dan agar piston mudah melewati titik mati.
11. Apabila aliran cairan hidraulik masauk ke dalam motor dari salah satu sisi kemudian keluar melewati sisi lain maka motor hidraulik akan berputar.
12. Perhatikan gambar di bawah ini !

Gambar penggerak putar terbatas

3. Kegiatan Belajar 3

Simbol Komponen dan Diagram Rangkaian

3.1 Tujuan Belajar 3:

Setelah selesai mempelajari seluruh isi yang terkandung dalam kegiatan pembelajaran ini, diharapkan siswa dapat:

(1) Menjelaskan arti simbol-simbol komponen pada sistem hidraulik.
(2) Menggambarkan grafik rangkaian sistem hidraulik secara simbol.
(3) Membuat gambar rangkaian dasar sistem hidraulik secara simbol.
(4) Merakit sistem hidraulik berdasarkan komponen dan perintah yang diberikan.
(5) Mengidentifikasi kesalahan pembuatan rangkaian secara simbol.
(6) Memperbaiki grafik yang salah dari rangkaian simbol-simbol sistem hidraulik.

3.2 Uraian Materi 3:

3.2.1 Grafik Simbol

Sistem tenaga fluida (sistem hidraulik dan pneumatik) telah memiliki simbol-simbol grafik sebagai bahasa untuk mengomunikasikan berbagai bentuk sirkuit dalam sistem tenaga fluida. Simbol-simbol ini telah distandarisasi secara internasional, menganut standard DIN / ISO 1219 tentu saja harus dipahami oleh masyarakat pemakai sistem tenaga fluida.

Grafik simbol untuk sistem hidraulik dan sistem pneumatik sebenarnya sama, hanya saja ada beberapa hal yang berbeda menyangkut subtansi khusus masing-masing. Berikut ini disajikan kedua-duanya agar dapat dilihat dan dipahami perbedaannya.

3.2.2 Grafik simbol sistem hidraulik

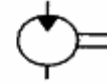
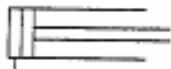
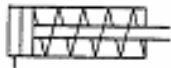
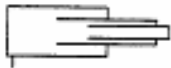
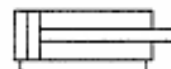
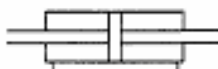
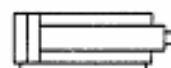
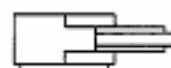
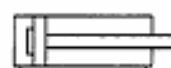
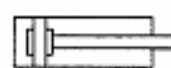
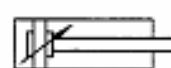
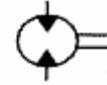
Grafik simbol untuk pompa hidraulik dengan panah diblok, sedang untuk pompa penumatik (kompresor) tidak diblok, seperti berikut:

Gambar 3-1. Simbol Pompa Pneumatik & Hidraulik

Simbol pompa hidraulik dengan penghasilan / jumlah aliran rata-rata tetap

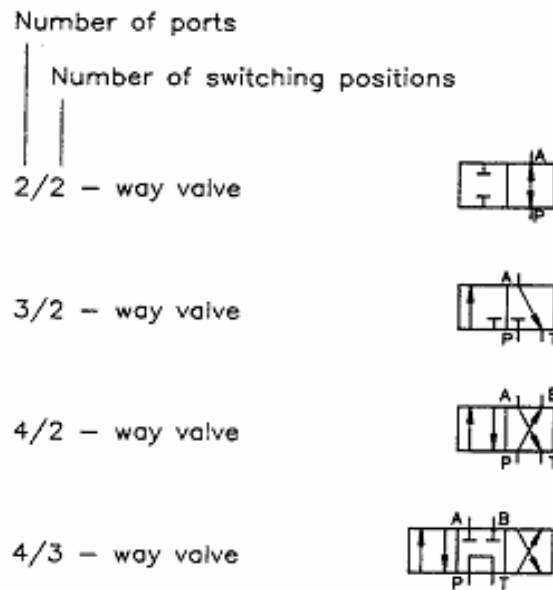
Gambar 3-2 Simbol Pompa Hidraulik dengan Aliran Tetap

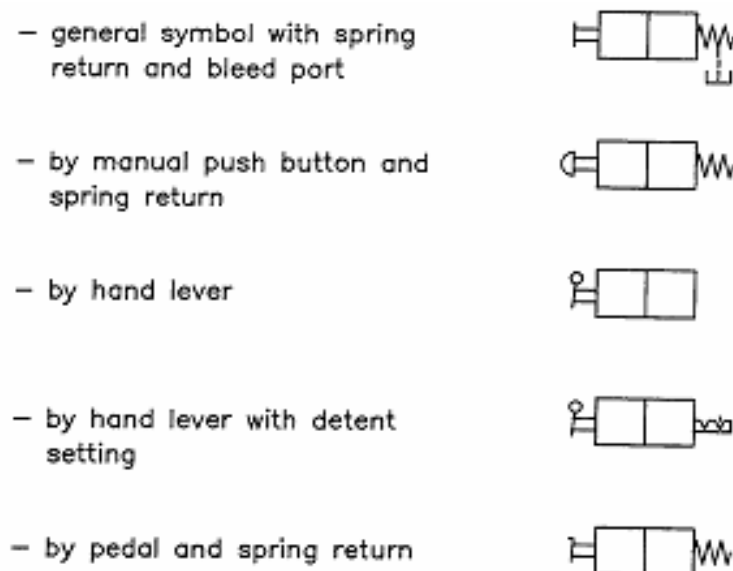
Grafik simbol untuk motor hidraulik

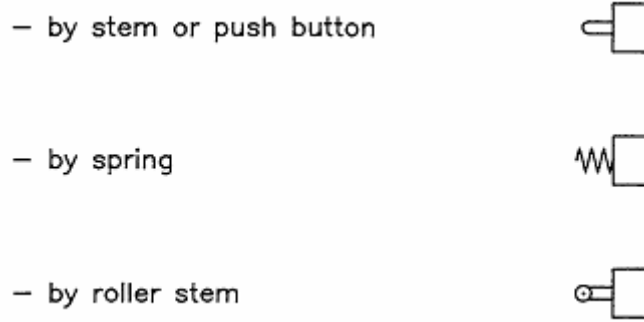
— with a single direction of rotation

— with two directions of rotation

Gambar 3-3 Simbol Motor Hidraulik dengan Suplai Aliran Tetap

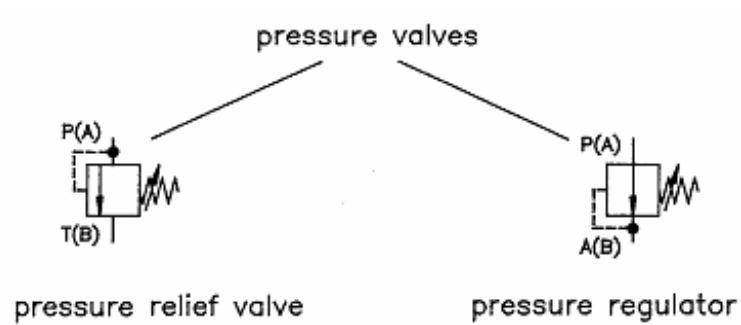
Grafik simbol untuk silinder hidraulik (*linear actuator*):

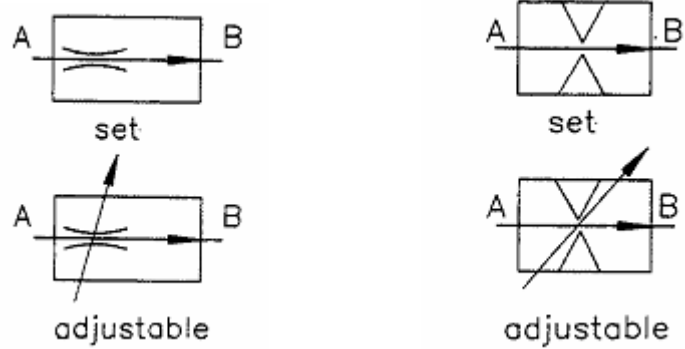
Gambar 3.4 Simbol silinder hidraulik (*linear actuator*)

Grafik simbol untuk katup pengarah (*Directional Control Valve*):

Gambar 3.5   Simbol Katup Pengarah (*Directional Control Valve*)

Grafik simbol untuk penggerak katub secara manual:

Gambar 3-6   Simbol Penggerak Katup Secara Manual

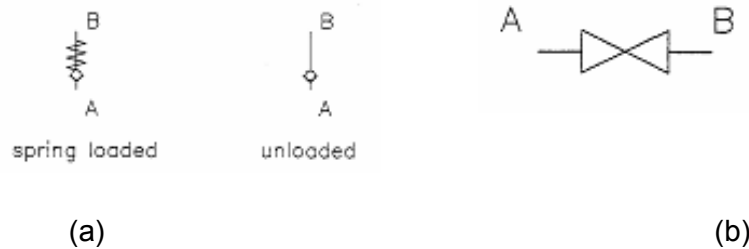
Grafik simbol untuk penggerak katup secara mekanik:

Gambar 3-7 Simbol Penggerak Katup Secara Mekanik

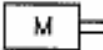
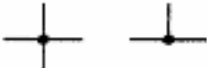
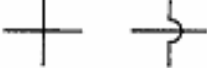
Grafik simbol untuk Katup Pengatur Tekanan:

Gambar 3-8 Simbol Katup Pengatur Tekanan.

Grafik simbol untuk Katup Pengatur Aliran (*Flow Control*):

Gambar 3-9 Simbol Katup Pengatur Aliran (*Flow Control*).

Grafik Simbol Katup-Katup:

Grafik simbol untuk *check valve* Gambar simbol untuk *shut-off valve*

(a) (b)

Gambar 3-10 Simbol untuk Katup: (a) *Check Valve*, (b) *Shut-Off Valve*

Grafik simbol untuk alat-alat ukur:

Gambar 3-11 Simbol untuk Alat-alat Ukur (Instrumen)

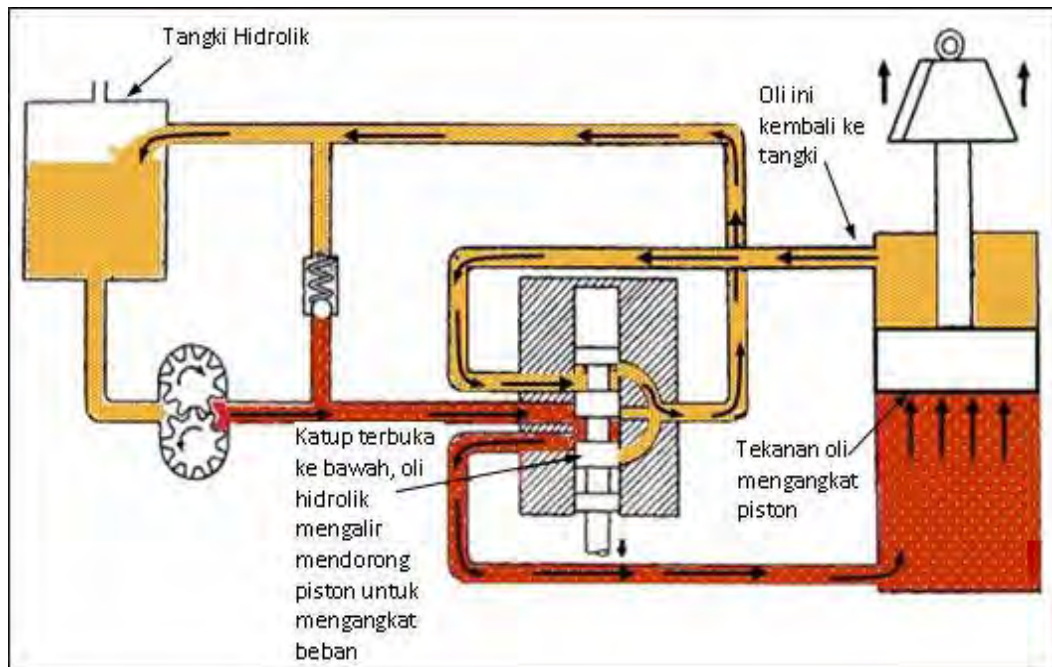
Grafik Simbol untuk Transfer Energi :

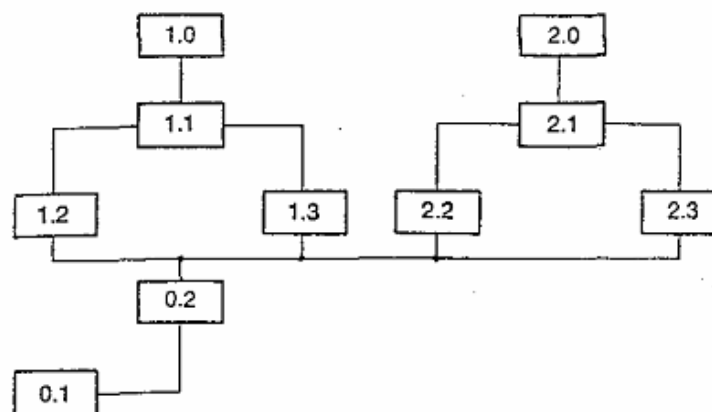
Gambar 3-12 Simbol Komponen untuk Transfer Energi

Setelah kita mengenal simbol-simbol pneumatik dan hidraulik maka gambar gambar rancangan sirkuit pneumatik dan hidraulik akan kita komunikasikan dengan grafik simbol.

Hal ini akan sangat mudah untuk menggambar maupun memahaminya. Lain halnya bila kita menggambar rangkaian dengan menggunakan gambar benda

sesungguhnya kita akan mengalami kesulitan. Berikut ini suatu contoh sirkuit pneumatik dan hidraulik yang digambar dengan gambar benda untuk dibandingkan dengan diagram sirkuit yang digambarkan dengan grafik simbol.

Berikut ini adalah gambar rangkaian hidraulik (Gambar 3-13)

Gambar 3-13 Rangkaian Sistem Hidraulik

Untuk merancang diagram sirkuit kita gunakan aturan tata letak seperti gambar berikut: *Working Elements, Actuating Elements, Signal Elements, Supply Elements* (Service), *Unit Shut-Off Valve, Reversing Valve*.

Gambar 3-14 Tata letak komponen dalam diagram sirkuit

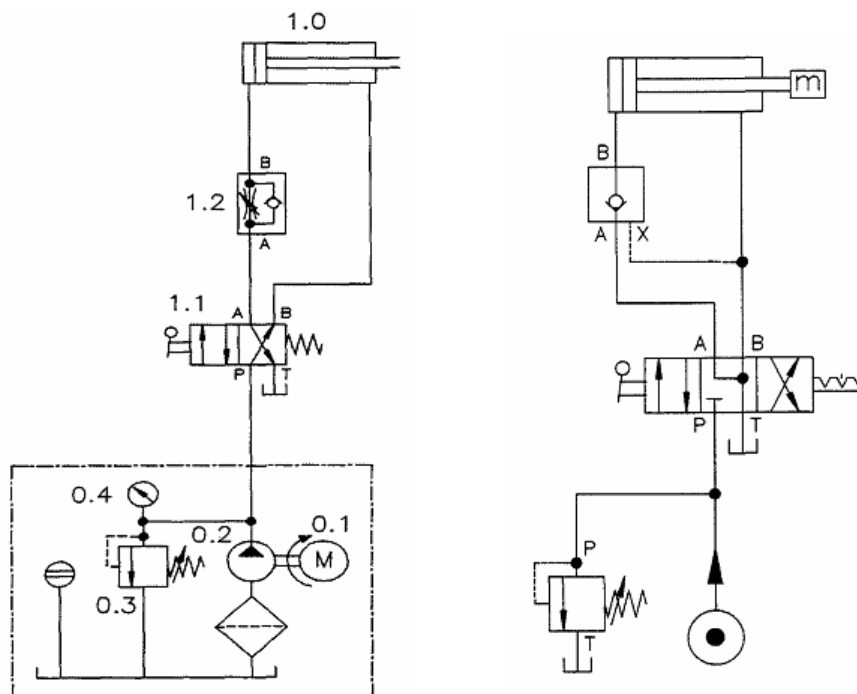
Untuk penggerak dan kelompok katup-katup maupun *supply elements* diberi nomor-nomor atau angka-angka (*Arabic Number*).

Digit pertama menunjukkan nomor aktuator dan juga aktuator mana yang dikontrol oleh unit pengatur yang sedang bekerja.

Contoh : 1 . 0; 2 . 0; 3 . 0; dst. Aktuator (Working element).

1 . 1; 1 . 2; dst. Katup-katup yang mengontrol aktuator no: 1.

2 . 1; 2 . 2; dst. Katup-katup yang mengontrol aktuator no: 2.

Contoh : Diagram sirkuit hidraulik (Gambar 3-15)

Gambar 3-15 Diagram sirkuit hidraulik

3.2.3 Perakitan Sirkuit Sistem Tenaga Fluida

Metoda perakitan sistem tenaga fluida seperti juga metoda penyusunan diagram sirkuit, yaitu dimulai dari menyusun komponen sesuai dengan lay-out pada diagram sirkuit atau lay-out pada mesin/pesawat yang menggunakan sistem tenaga fluida. Kemudian, setiap komponen disambungkan dengan konduktor dan konektor.Cara-cara perakitan atau instaling sistem ini akan didemonstrasikan kemudian.

Pengoperasian sirkuit setelah selesai diinstal sesuai dengan langkah berikut :

- Periksa rangkaian sirkuit apakah sudah cukup kuat/*perfect* !
- Periksa sumber-sumber tenaga (listrik atau *engine*) !
- Periksa oli pelumas bagi komponen-komponen yang memerlukan !
- Operasikan sirkuit dengan hati-hati !

3.3 RANGKUMAN

- Grafik simbol sistem tenaga fluida merupakan bahasa komunikasi pada sistem tersebut dan telah distandarisasikan secara internasional yaitu standar ISO 1219.
- Grafik simbol untuk sistem pneumatik dan sistem hidraulik pada prinsipnya sama, sedangkan perbedaan yang terjadi karena adanya perbedaan substansi.
- Diagram sirkuit disusun menurut metode yang telah ditentukan dan ada pula yang disusun sesuai dengan posisi yang ada di mesin atau pesawat.
- Merakit atau menginstal sirkuit hidraulik atau sirkuit pneumatik harus menerapkan prinsip keselamatan dan kesehatan kerja dan juga sesuai dengan prosedur yang ditetapkan.

3.4 TUGAS KEGIATAN BELAJAR 3

3.4.1. Tugas 1

Perhatikan diagram sirkuit hidraulik di bawah ini kemudian selesaikan tugas berikut !

1.1 Sebutkan nama-nama komponen dan fungsi masing-masing !

....

....

....

....

....

....

....

1.2 Baca dan jelaskan cara kerjanya !

....

....

....

....

....

1.3 Buat rangkaian pada profile plate sesuai dengan diagram sirkuit kemudian operasikan sirkuit tersebut!

3.4.2. Tugas 2.

Sirkuit hidraulik yang dilukiskan dalam diagram sirkuit di bawah ini menggunakan relief valve Perhatikan dan selesaikan tugas-tugas berikut!

2.1 Sebutkan nama-nama komponen dan apa fungsi masing-masing ! ……………………………......………… ……………………………......………… ……………………………......………… ……………………………......………… ……………………………......………… 2.2 Jelaskan cara kerja sirkuit ! ……………………………......………… ……………………………......………… ……………………………......………… ……………………………......………… ……………………………......………… 2.3 Buatlah rangkaian pada profile plate dan operasikan sirkuit tersebut !	

3.4.3. Tugas 3. Sirkuit hidraulik dengan silinder kerja tunggal

Perhatikan diagram sirkuit hidraulik untuk *hardening furnace* di bawah ini kemudian selesaikan tugas-tugas berikut dengan baik !

3.1 Sebutkan nama-nama komponen dalam diagram sirkuit di bawah ini !

3.2 Jelaskan cara kerja sirkuit tersebut !

3.3 Rangkailah sirkuit tersebut pada *profile plate* sesuai dengan diagram, kemudian operasikan !

3.4.4. Tugas 4. Sirkuit hidraulik untuk konveyor.

Perhatikan diagram sirkuit hidroilk untuk konveyor di bawah ini kemudian selesaikan tugas berikut !

4.1 Sebutkan nama-nama komponen dan fungsi masing-masing !

……………………………………………

……………………………………………

……………………………………………

……………………………………………

……………………………………………

……………………………………………

……………………………………………

4.2 Baca dan jelaskan cara kerjanya !

……………………………………………

……………………………………………

……………………………………………

……………………………………………

……………………………………………

……………………………………………

……………………………………………

4.3 Buat rangkaian pada profile plate sesuai dengan diagram sirkuit kemudian operasikan sirkuit tersebut!

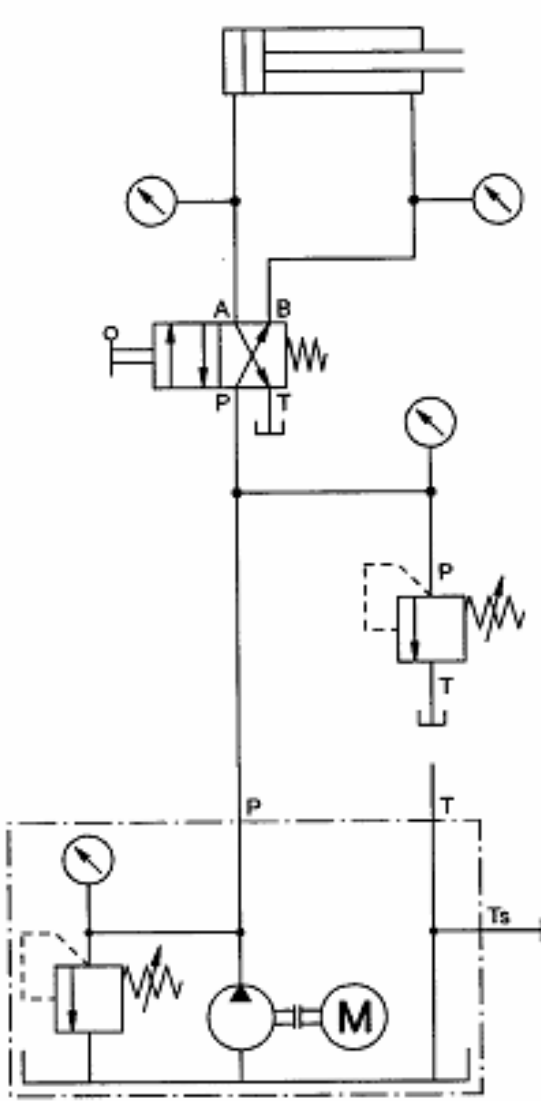
3.4.5. Tugas 5. *Surface Grinding Machine*

Gerinda permukaan (*Surface grinder*) yang menggunakan silinder kerja ganda tetapi menggunakan katup pengarah katup 3/2. Perhatikan gambar berikut kemudian, selesaikan tugas-tugas di bawah ini !

5.1 Sebutkan nama-nama komponen yang ada !	
5.2 Jelaskan cara kerjanya !	
5.3 Konstruksikanlah sirkuit tersebut sesuai dengan (pada Profile Plate) !	
5.4 Operasikan sirkuit tersebut dan perhatikan apakah cara kerjanya telah sesuai dengan fungsi yang diharapkan !	
5.5 Baca dan catatlah penunjukan tekanan pada pressure gauge pada langkah maju dan mundur !	

3.4.6. Tugas 6. Sirkuit hidraulik mesin *Embossing*

Suatu mesin *embossing* (stempel) digunakan untuk menytempel (*embossed*) gambar pada lapisan logam (*metal foil*). Mesin digerakkan oleh silinder hidraulik kerja ganda. Cetakan (*matres*) atau pencetak (*die*) digerakkan maju dan menstempel metal foil ketika lever penggerak katup dioperasikan. Gerakan mundur atau balik terjadi ketika pengepressan telah sepenuhnya selesai dan lengan (*lever*) penggerak dilepaskan dan posisi katup dikembalikan oleh pegas.

Selesaikan tugas-tugas berikut !

6.1 Sebutkan nama-nama komponen!

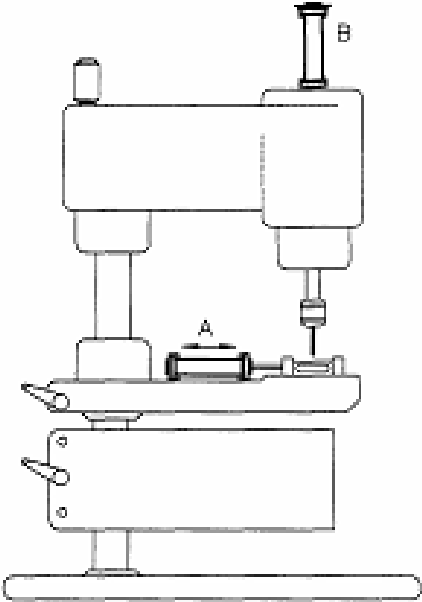
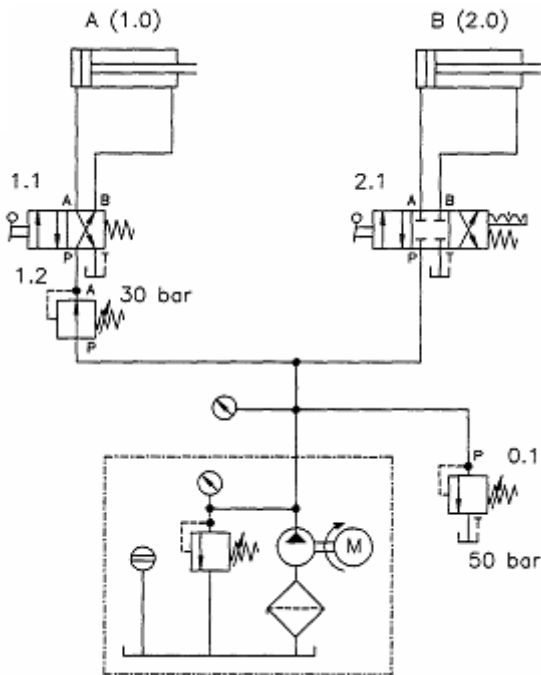
6.2 Jelaskan cara kerjanya!

6.3 Instal pada profile plate!

6.4 Operasikan sirkuit tersebut!

6.5 Catat penunjukan pressure gauge!

3.4.7. Tugas 7. Sirkuit hidraulik pengontrol pintu dapur pemanas.

Pintu dapur pengerasan (*hardening*) dioperasikan oleh sistem hidraulik dengan silinder kerja ganda. Untuk mengoperasikan digunakan katup pengarah 4/2 menggunakan tangan atau secara manual (*manually*) pembalik pegas .

Perhatikanlah uraian di atas kemudian selesaikan tugas-tugas berikut !

<table>
<tr>
<td>
7.1 Sebutkan nama-nama komponen yang ada pada sirkuit di samping !

7.2 Jelaskan cara kerja sirkuit tersebut !

7.3 Rakitlah sirkuit hidraulik sesuai dengan diagram di samping, kemudian operasikan !

7.4 Catatlah penunjukan pressure gauge pada setiap langkah !
</td>
<td>
</td>
</tr>
</table>

3.4.8 Tugas 8 Sirkuit hidraulik pada mesin bor

Perhatilan uraian berikut !

<table>
<tr>
<td>Mesin gurdi (drilling machine) seperti pada gambar sket di samping dioperasikan secara hidrolis. Pada sirkuit hidraulik mesin tersebut terdapat dua silinder hidraulik yaitu silinder A menggerakkan ragum mesin untuk pencekaman dan silinder B untuk gerak pemakanan mata bor. Pada saluran ke silinder A dipasang pressure regulator (reducing valve) untuk mengatur besar tekanan yang diperlukan oleh silinder A (30 bar).</td>
<td>
</td>
</tr>
<tr>
<td>8.1 Sebutkan nama-nama komponennya!

8.2 Jelaskan cara kerja sirkuit tersebut!

8.3 Rakitlah sirkuit tersebut kemudian operasikan !</td>
<td>
</td>
</tr>
</table>

3.4.9 Tugas 9 Penggunaan Akumulator

Perhatikan diagram sirkuit di bawah ini !

9.1 Sebutkan nama-nama komponen yang ada pada diagram sirkuit tersebut!

9.2 Jelaskan cara kerja sirkuit !

9.3 Rakitlah sirkuit tersebut kemudian operasikan !

3.5 SOAL TES FORMATIF 3

Jawablah soal-soal berikut dengan mengisi titik-titik yang tersedia !

1. Apa letak perbedaan antara grafik simbol pompa hidraulik dan gambar hidraulik ?
   …
2. Sedangkan perbedaan antara simbol pompa hidraulik dan motor hidraulik ialah :
   …
3. Jumlah kotak dalam simbol katup menunjukkan jumlah :
   ...
4. Penandaan katup-pengarah sistem hidraulik pada setiap lubang (saluran) dilakukan dengan memberi angka atau huruf. Coba anda tulis persamaannya !

   1 = …   3 = …
   2 = …   4 =…
5. Coba gambarkan simbol sistem hidraulik untuk:
   1) Katup pengatur aliran yang dapat disetel dibypass dengan check valve
   2) Relief valve
   3) Shut off valve
   4) Reducing valve
6. Gambarkan pula simbol sistem hidraulik untuk:
   1) Katup 4/2 penggerak tuas pembalik pegas
   2) Katup 2/2 penggerak manual dengan detent
   3) Katup 4/3 penggerak manual dengan detent closed center
   4) Katup 4/3 penggerak liver spring return open center
7. Metode penyusunan diagram sirkuit ialah ...
8. Menunjukkan apakah angka atau nomor berikut di dalam diagram sirkuit ?

   1.0, 2.0, 3.0 .menunjukkan ...

   1.1, 2.1, 3.1 menunjukkan …

   0.1, 0.2, 0.3 menunjukkan …

3.6 KUNCI JAWABAN TES FORMATIF 3

1. Simbol pompa hidraulik tanda panahnya diblok sedangkan simbol kompresor tanda panahnya kosong.
2. Tanda panah pada simbol motor hidraulik merupakan kebalikan pompa hidraulik.
3. Jumlah posisi.
4. 1 = P 2 = A 3 = T 4 = B
5. Lihat grafik simbol halaman 67 – 70.
6. Lihat grafik simbol halaman 62 – 63.
7. Metoda penyusunan diagram sirkuit :
   - Komponen disusun dari bawah ke atas sesuai dengan aliran sinyal dimulai dari suplai daya.
   - Penomeran dari kiri ke kanan.
   - Aktuator maupun katup mengarah ke kanan.
8. 1.0, 2.0, 3.0 menunjukkan working element.

   1.1, 2.1, 3.1 menunjukkan final control elememt.

   0.1, 0.2, 0.3 menunjukkan power supply unit.

4 Kegiatan Belajar 4 Pembuatan Instalasi Pemipaan

5.1 Tujuan Belajar

Setelah menyelesaikan pembelajaran ini, diharapkan anda dapat:

(1) Memiliki pengetahuan untuk mengidentifikasi jaringan pemipaan untuk penggunaan umum atau penerapan pada pesawat udara,

(2) Membuat instalasi jaringan pemipaan menggunakan pipa-pipa logam, selang-selang, sambungan-sambungan atau fitting beserta kelengkapannya,

(3) Melakukan fabrikasi atau membuat berbagai bengkokan pipa logam sesuai dengan kebutuhan yang menyangkut bentuk dan ukurannya,

(4) Memiliki pengetahuan tentang persyaratan, bentuk-bentuk pipa logam, pipa fleksibel atau selang-selang, bentuk dan jenis-jenis segel dan gasket,

(5) Memiliki pengetahuan sekaligus bisa menerapkan cara penyimpanan untuk tabung dan selang, bersama dengan jenis segel dan gasket.

.

5.2 Uraian Materi

4.2.1 Pendahuluan.

Pemipaan pesawat adalah fase perawatan pesawat yang berkaitan dengan pipa logam, selang fleksibel, sambungan-sambungan atau *fitting* dan perapat atau segel yang diperlukan untuk menyediakan jalur untuk cairan dan gas untuk bergerak di antara komponen pada pesawat.

Meskipun teks ini terutama menawarkan sistem hidraulik, tetapi prinsip-prinsip pemipaan dijelaskan di sini dan berlaku untuk persyaratan pipa bahan bakar, ventilasi, pneumatik, dan juga sistem pitot-statis. Dikarenakan kesamaannya ini, maka personil pemeliharaan yang bertanggung jawab untuk pemipaan hidraulik biasanya dibutuhkan pula untuk melakukan perbaikan dan pemeliharaan semua sistem pemipaan pada pesawat udara.

Untuk mekanik perbaikan pemipaan pesawat udara atau untuk pegawai pemeliharaan yang tak resmi ditugaskan (*Non Commissioned Officer* = *NCO*), untuk bisa mengawasi pekerjaan ini secara efektif, ia harus terbiasa dengan bahan, peralatan, dan teknik fabrikasi yang diperlukan untuk memperbaiki dan menginstal saluran-saluran hidraulik ini.

Bagian A dari pelajaran ini berkaitan dengan identifikasi dan metode fabrikasi pemipaan yang menghubungkan komponen dari sistem hidraulik.

Pada Bagian B, penggunaan dan keuntungan dari selang atau pipa fleksibel dijelaskan, termasuk tanda-tanda, fabrikasi dan metode instalasi, dan persyaratan penyimpanan bahan tersebut.

Bagian C menggambarkan berbagai jenis segel dan gasket yang digunakan untuk mencegah kebocoran dalam tabung interkoneksi, selang, dan alat kelengkapan sistem pemipaan lainnya.

- **Macam-Macam Saluran Hidraulik**

Sepanjang pelajaran ini Anda akan menemui beberapa istilah seperti jalur pemipaan, pipa-pipa atau tabung-tabung, pipa fleksibel atau tabung fleksibel, dan selang yang digunakan secara luas. Menurut definisi, jalur pemipaan mengacu pada pekerjaan saluran yang digunakan untuk mentransfer cairan atau gas dari satu lokasi ke lokasi lain. Jalur-jalur ini dapat terdiri dari salah satu dari dua kategori umum yaitu: pipa atau tabung yang merupakan saluran kaku atau *rigid lines*, dan selang-selang yang merupakan saluran fleksibel (*flexible lines*). Banyak bahan yang digunakan untuk membuat saluran-saluran ini, masing-masing memberikan keuntungan yang berbeda. Saat mengganti saluran yang rusak atau cacat, lakukanlah setiap usaha untuk menduplikasi saluran aslinya semirip mungkin. Dalam beberapa situasi, bagaimanapun juga, pembuatan di lapangan memerlukan penggantian saluran-saluran hidraulik pneumatik yang rusak tetap serupa, walaupun tidak sama persis.

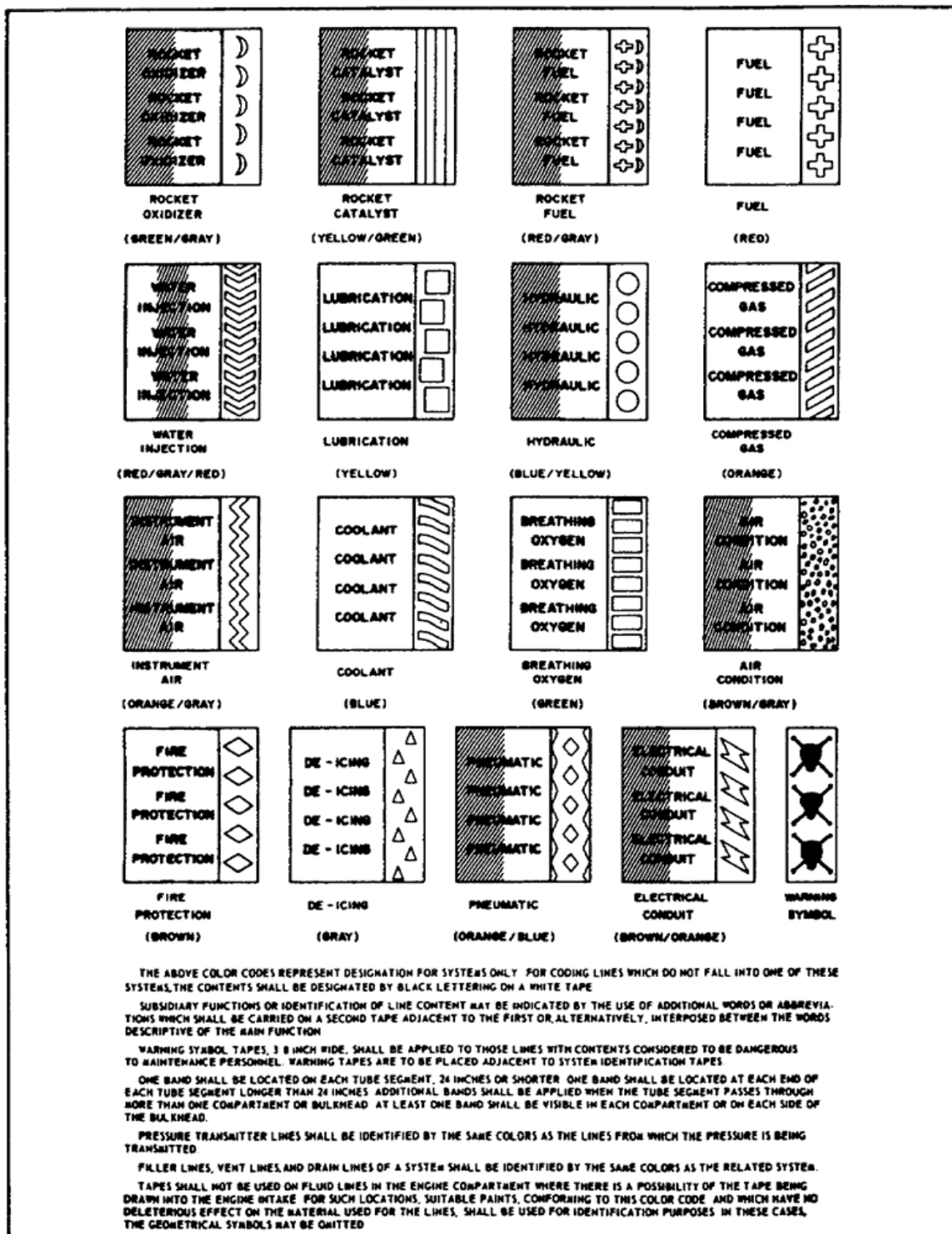
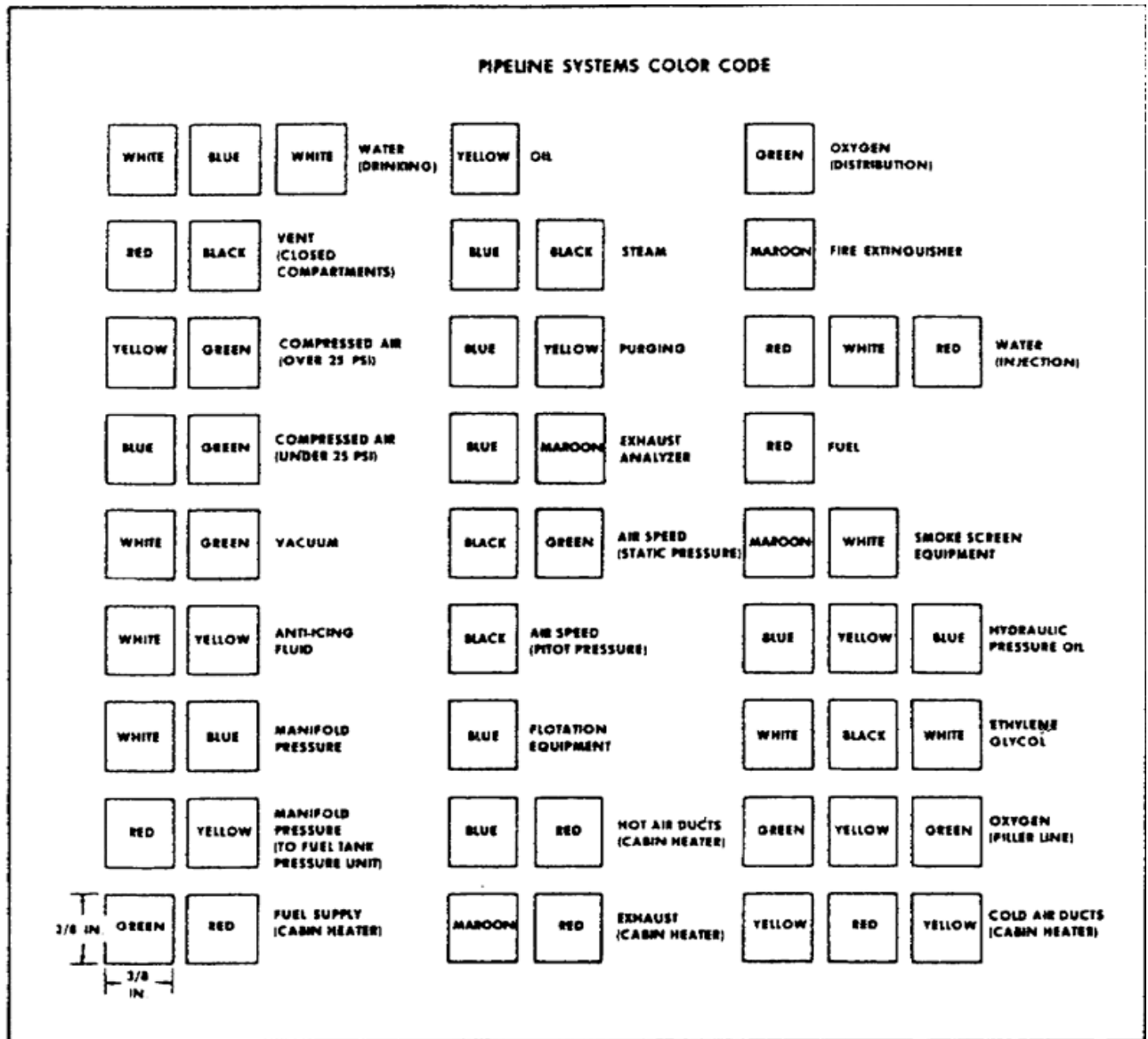
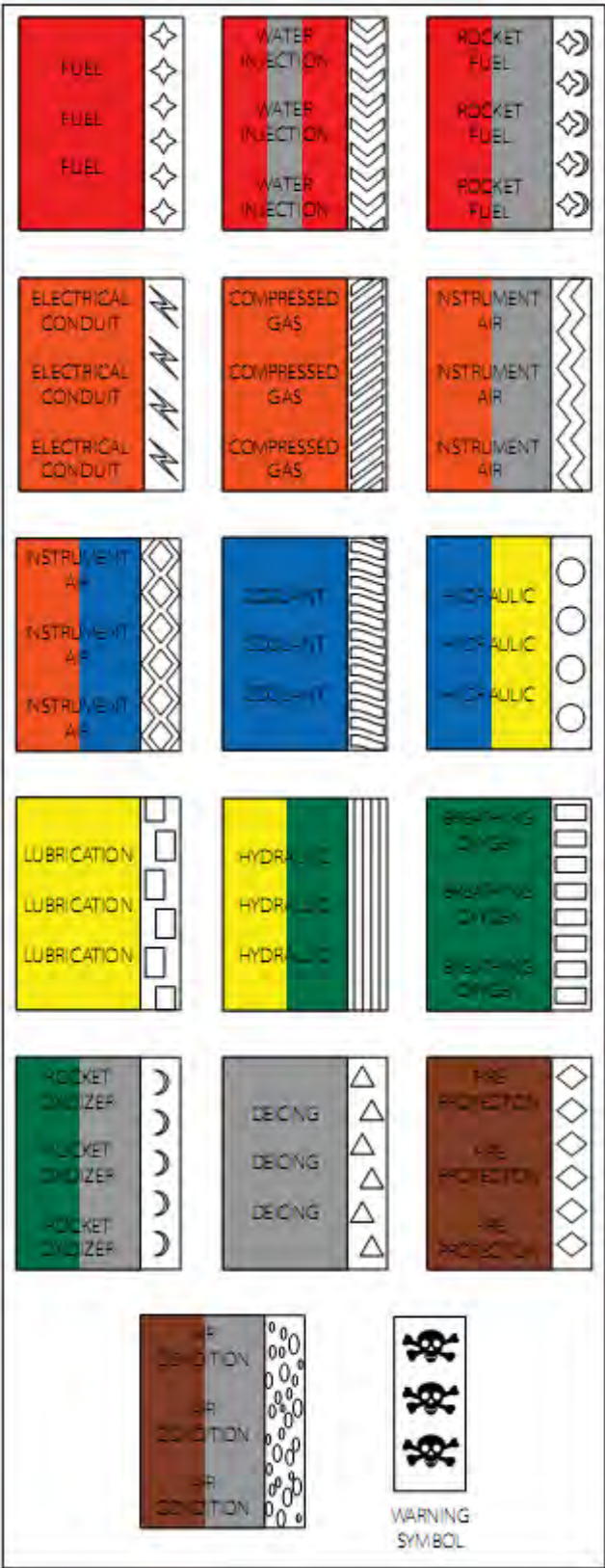
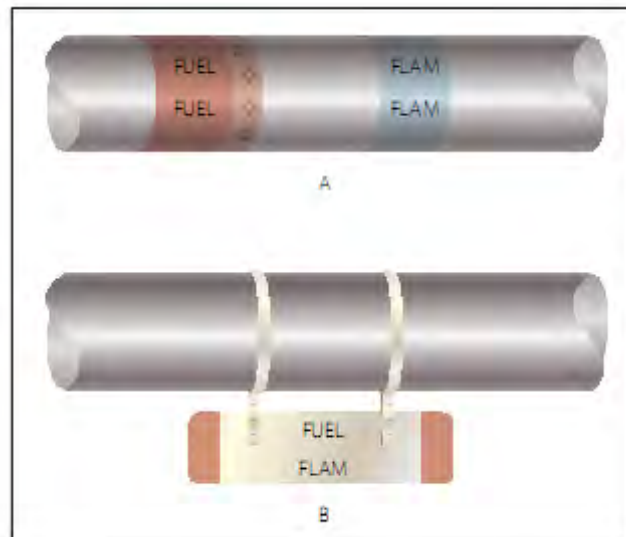
Dalam memilih ukuran dan jenis saluran mana yang tepat untuk digunakan, lakukan evaluasi terhadap unsur-unsur penting yang berikut ini:

- Jenis saluran cairan atau gas yang akan dijalankan.
- Harus beroperasi di bawah tekanan yang tercantum pada label.
- Harus beroperasi di bawah suhu yang tertulis pada labenya.
- Harus dijaga atau ditahan pada suhu yang tetap stabil.
- Tergantung pada jenis getarannya.

- **Pengenalan Saluran Fluida**

Kecuali untuk bagian masuk dan keluar dari kompartemen mesin, pipa saluran diidentifikasi dengan sabuk-sabuk lengket berkode dengan warna yang berbeda pada sistem tertentu yang dimilik setiap baris. Ada dua jenis sistem kode identifikasi yang digunakan: sistem pita bersimbol yang dicetak (metode yang disukai), dan sistem pita warna solid (metode alternatif). Sistem yang disukai menggunakan sabuk dari dua atau lebih warna yang dicetak dengan simbol geometris pengenal dan nama sistem. Contoh sabuk-sabuk ini ditunjukkan pada Gambar 4.1 Metoda alternatif menggunakan satu, dua, atau tiga sabuk pita 1/2-inch warna solid dibungkus di berbagai lini untuk identifikasi. Kode warna yang digunakan dengan sistem ini ditunjukkan pada Gambar 4.2

Di daerah dekat bagian inlet dari kompartemen mesin di mana pita itu dapat dicerna (tersedot) atau dekat bagian knalpot di mana suhu tinggi bisa membakar pita itu, maka cat yang cocok sesuai dengan kode warna seperti pada Gambar 4.2 akan menandai jalur pipa.

Pita putih tambahan berlabel "tekanan”, "kuras", atau "kembali" dapat digunakan di samping pita warna pada kedua sistem kode untuk mengidentifikasi saluran. Pita ini juga dicetak dengan panah yang menunjukkan arah aliran fluida.

Gambar 4.1 Pita dengan Kode Warna.

Gambar 4.2 Sistem Sabuk Berwarna Solid

Gambar 4.3 Penandaan Saluran Cairan Pesawat

Gambar 4.4 Penandaan saluran Cairan: (A) Pita dan Stiker; (B) Kartu Pengenal (*Tags*)

BAGIAN A – PIPA

Prosedur, teknik fabrikasi, dan penggunaan alat yang tepat sama pentingnya dengan pemilihan bahan pipa dalam perbaikan dan penggantian jalur pipa yang rusak. Kecuali jika Anda melakukan dengan sangat hati-hati selama semua fase perbaikan jalur, produk akhir mungkin akan menjadi cacat seperti aslinya. Bagian ini membahas:

(1) Kriteria untuk memilih jenis yang tepat dari tabung atau pipa.

(2) Prosedur yang benar untuk mengarahkan jalur dan untuk memotong dan membengkok pipa.

(3) Jenis alat kelengkapan pipa atau tabung.

(4) Metode mengembangkan atau melebarkan ujung pipa (*flaring*) dan pemasangan instalasi.

(5) Teknik perbaikan tabung jika tabung tidak rusak secara berlebihan.

- ### Pemipaan

Ada tiga jenis pipa logam yang digunakan, yaitu: paduan aluminium, stainless steel, dan tembaga. Umumnya, menentukan jenis logam adalah secara visual. Jika hal ini tidak mungkin, tandai pipa pada interval tiga kaki dengan nama pabrikan atau merek dagang, bahan pipa, dan nomor spesifikasinya. Pipa yang terlalu kecil untuk ditandai dengan cara ini, diidentifikasi dengan melampirkan label untuk itu dengan informasinya.

Aluminium. Dalam pemipaan pesawat, pipa logam yang paling banyak digunakan terbuat dari paduan aluminium. Penggunaan umum dengan pipa ini memiliki keuntungan dari kemampuan kerja, ketahanan terhadap korosi, dan dari bobotnya yang ringan. Sebuah daftar pipa aluminium yang direkomendasikan untuk digunakan dalam pesawat biasanya telah dicantumkan pada spesifikasi produk yang dikeluarkan oleh fabrikan.

Pipa aluminium umumnya digunakan dalam sistem hidraulik pesawat yang beroperasi pada tekanan 1.500 psi dan di bawahnya adalah tipe 5052. Dikarenakan pengerjaan pipa ini, perakitan dapat segera dibuat di tempat kerja. Bagi sistem hidraulik yang beroperasi pada tekanan di atas 1.500 psi, jenis pipa paduan aluminium yang digunakan adalah 6061 dan 6062, keduanya bisa dipakai. Untuk memproses pipa ini menjadi rakitan memerlukan prosedur khusus dan peralatan umum yang tidak tersedia di lapangan. Oleh karena itu, rakitan yang terbuat dari alumunium ini harus diperoleh melalui saluran pemasok sebagai bagian dari pabrik pembuat atau melalui depot toko pemeliharaan.

Stainless Steel. Pipa dari stainless steel juga dapat digunakan di mana tekanan melebihi 1.500 psi. Stainless steel harus digunakan untuk jalur luar, seperti saluran rem yang dipasang melekat pada batang (*struts*) landing gear atau jalur terbuka lainnya yang dapat rusak oleh benda terbang atau kecelakaan penanganan di darat (*ground handling mishaps*). Tabung stainless steel, seperti pipa paduan aluminium tekanan tinggi, sulit untuk dibentuk tanpa menggunakan alat khusus yang diperoleh melalui saluran pemasok atau fasilitas bengkel perbaikan.

Tembaga. Pipa tembaga terutama digunakan pada sistem oksigen tekanan tinggi. Sambungan pada pipa tembaga disolder dengan perak. Pipa tembaga yang digunakan untuk sistem oksigen tekanan tinggi adalah menggunakan diameter 3/16-inch, dengan ketebalan dinding 0,032 inci,

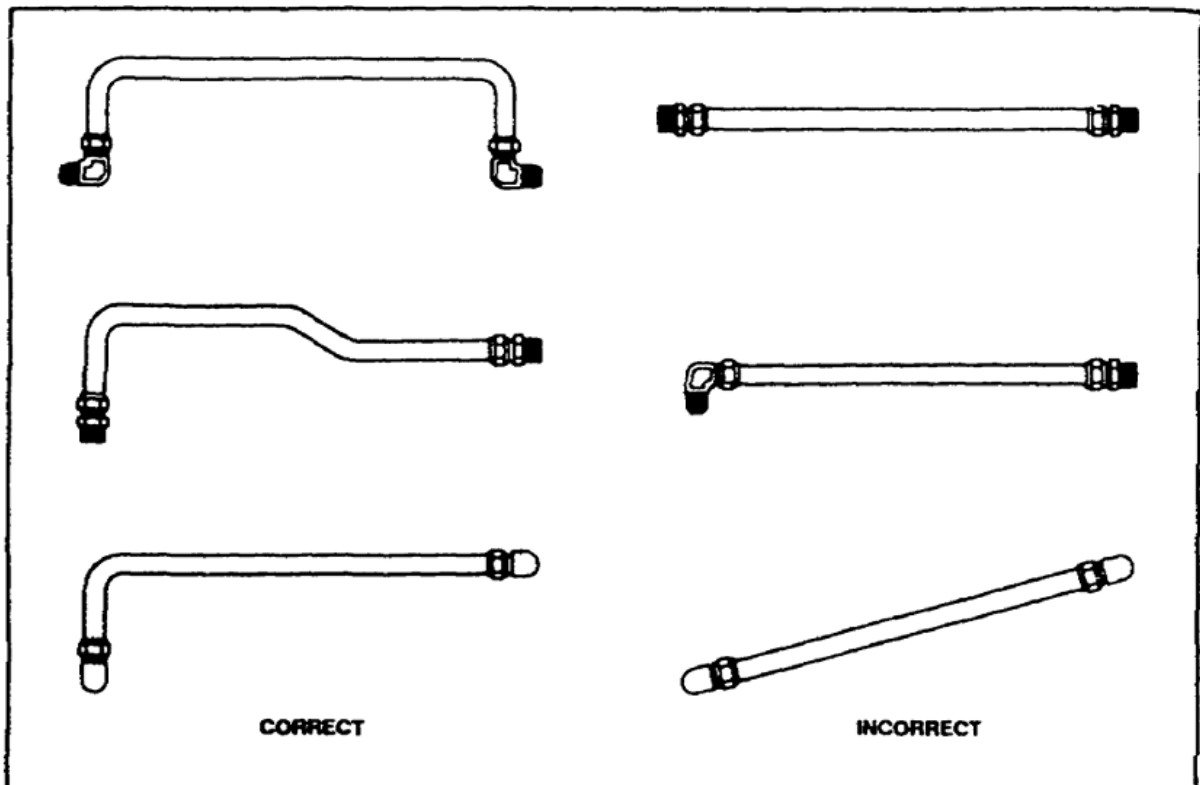
Spesifikasi Federal WW-T-799, Type N. Sistem oksigen tekanan rendah menggunakan pipa aluminium dengan diameter yang lebih besar dengan sambungan aluminium yang ujungnya dikembangkan (*flared*). Hanya dalam kasus kaleng pipa tembaga darurat dengan diameter dan ketebalan dinding yang sama dari pipa aluminium bisa digunakan untuk menggantikannya. Kemudian ia harus sesuai dengan Spesifikasi Federal WW-T-799, Type N. Pipa baja tidak boleh digunakan untuk menggantikan pipa tembaga sistem oksigen tekanan tinggi karena kehilangan keuletan dan menjadi rapuh pada suhu rendah.

- **Jalur Pemipaan**

Jika jalur yang rusak ditemukan, langkah pertama untuk perbaikan adalah menentukan penyebab dari kerusakan. Jika hal itu disebabkan oleh gesekan bagian struktural dari pesawat atau perencanaan tata letak yang lemah, kondisi harus dikoreksi. Jika jalur ini rusak dan tata letak yang sama dapat diterima, secara berhati-hati lepaslah pipa yang rusak dan gunakan sebagai pola untuk pembuatan pipa pengganti.

Secara umum, penggantian jalur mengikuti jalur saluran aslinya, namun, ketika jalur saluran harus dialihkan maka ikuti dan gunakan standar yang akan dibahas pada paragraf berikut.

Jumlah Bengkokan. Ketika cairan mengalir di sekitar tikungan, ia akan menghasilkan gesekan yang menimbulkan panas dan menyebabkan kerugian secara keseluruhan bagi efisiensi sistem. Dengan pemikiran ini, tata letak pipa harus selalu mengikuti jalan yang menghasilkan tikungan bertahap. Di sisi lain, jalur tanpa tikungan cenderung menghasilkan lebih banyak masalah. Pertama, untuk memotong saluran

pengganti dengan panjang yang tepat hampir tidak mungkin. Hal ini dapat mengakibatkan regangan mekanik menjadi timbul pada pipa atau tabung ketika pemasangan mur tertarik pada sambungan *fitting*. Karena jumlah terbesar dari ketegangan sudah terkonsentrasi pada bagian yang dikembangkan (*flared portion*) sebagai akibat dari operasi pengembangan atau operasi *flaring*, regangan tambahan ini kemungkinan akan melemahkan tabung di luar toleransi. Kedua, jika tabung tidak memiliki tikungan maka ia tidak dapat melenturk ketika mengalami getaran. Kurangnya fleksibilitas mempromosikan kelelahan logam pipa dan membuatnya lebih rentan terhadap kegagalan. Ketiga, instalasi jalur lurus memungkinkan tida ada ketentuan untuk kontraksi normal dan pemuaian pipa yang disebabkan oleh perubahan suhu. Contoh tata letak pipa yang benar dan yang salah ditunjukkan pada Gambar 4.5

Gambar 4.5 Tata letak pipa yang Benar dan Salah.

Radius Bengkokan Minimum. Logam di bagian tumit atau bagian luar suatu bengkokan atau tikungan selalu teregang atau tertarik membentang sampai batas tertentu. Peregangan ini melemahkan pipa dan harus dijaga dalam batas-batas yang diijinkan. Jari-jari tikungan paling tajam yang diperbolehkan pada ukuran pipa yang diberikan ditunjukkan dengan "radius bengkokkan minimum". Jika melebihi batas ini, maka logam di bagian tikungan bisa pecah di bawah tekanan operasi. Bengkokan dengan jari-jari yang lebih besar dari minimum yang diperbolehkan selalu lebih disukai. Metode pembengkokan pipa dan alat-alat yang digunakan pada operasi pembengkokkan dibahas lebih lanjut di bagian ini.

Tabel jari-jari bengkokkan minimum untuk berbagai jenis dan ukuran pipa umumnya telah tersedia di bengkel-bengkel pemipaan. Salinan tabel ini dapat dilihat

pada Tabel 4-1 berikut (terkandung dalam TM 1-1500-204-23-2)

Tabel 4-1. Tabel Radius Bengkokkan Minimum.
(Radius Bending untuk pipa-pipa penyalur dan saluran cairan[1])

	Minimum bend radil[2]		Steel tubing	
Nominal tube OD (inches)	1100-1/2H, 5052-0 (Inches)	Corrosion-resistant [3] (Inches)	Desirable Radius (inches)	Minimum radius [4] (Inches)
1/8	3/8	—	—	—
3/16	7/16	21/32	3/4	3/8
1/4	9/16	7/8	1	3/8
5/16	11/16	—	1 1/4	3/8
3/8	15/16	1 5/16	1 1/2	3/8
1/2	1 1/4	1 3/4	2	1/2
5/8	1 1/2	2 3/16	2 1/2	5/8
3/4	1 3/4	2 5/8	3	3/4
7/8	2	—	3 1/2	7/8
1	3	3 1/2	4	1
1 1/8	3 1/2	—	4 1/2	1 1/4
1 1/4	3 3/4	4 3/8	5	1 1/2
1 3/8	4 1/4	—	5 1/2	1 3/4
1 1/2	5	5 1/4	6	2 1/8
1 5/8	6	—	6 1/2	2 1/2
1 3/4	7	6 1/8	7	2 7/8
1 7/8	7 1/2	—	7 1/2	3 1/4
2	8	7	8	3 5/8

[1] Jari-jari diukur di bagian dalam bengkokkan.
[2] Tingkatkan jari-jari tikungan ketika ketebalan dinding di bawah standar.
[3] Sama dengan 3-1/2 kali diameter tabung.
[4] Minimum radius akan digunakan hanya ketika jari-jari yang diinginkan tidak dapat digunakan.

Pendukung. Pendukung digunakan dalam tata letak pipa untuk membatasi gerakan ke samping tabung dikarenakan lonjakan tekanan atau getaran. Jarak maksimum antara pendukung atau penopang ditentukan oleh bahan tabung dan diameter luarnya (*Outside Diameter* = *OD*). Aturan yang mengatur spesifikasi

pendukung ini diberikan di bagian belakang (dalam Bab 4 dari TM 1-1500-204-23-2).

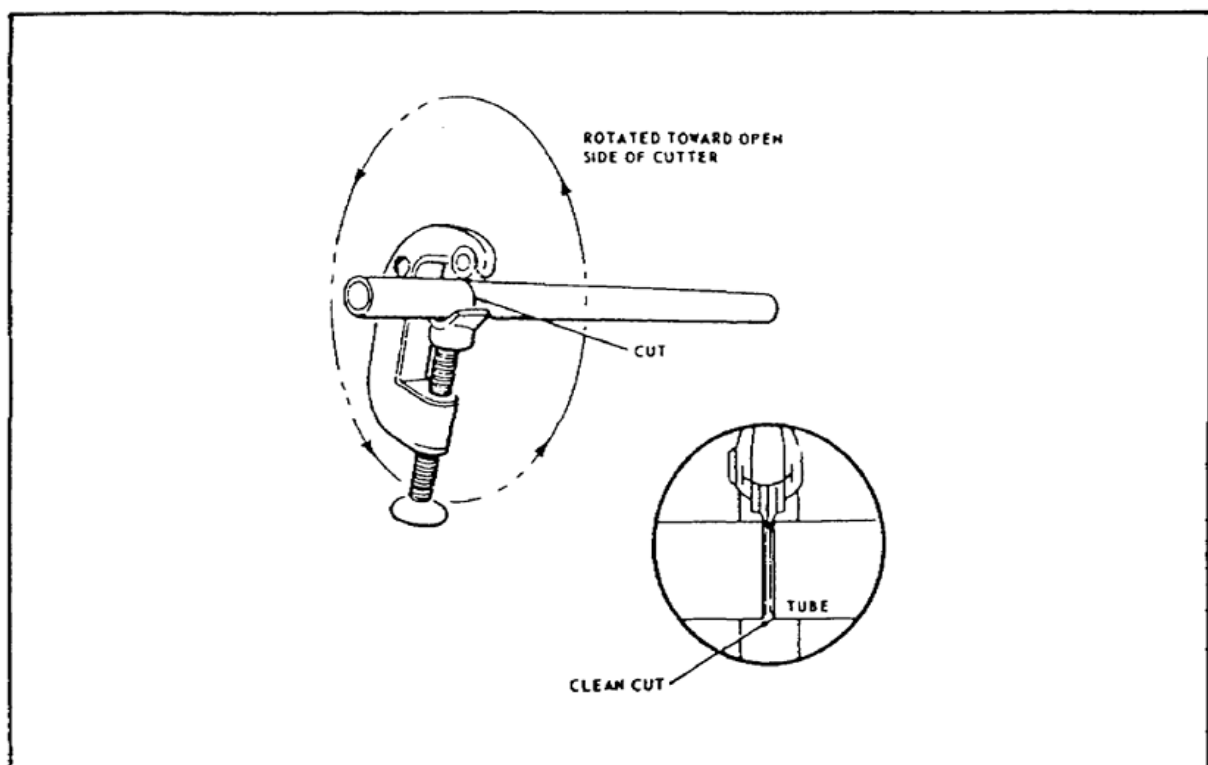
- **Templates**

Jika tabung yang rusak tidak dapat digunakan sebagai mal pola untuk penggantian jalur, gunakan kawat untuk membuat template. Lakukan ini dengan menjalankan kawat diantara sambungan di mana jalur harus dibuat dan bengkoklah kawat agar sesuai dengan standar tata letak pipa yang telah dijelaskan sebelumnya.

- **Pemotongan Pipa**

Ketika membuat penggantian pipa dari bahan cadangan, bahan cadangan atau stok harus diukur dan dipotong sekitar 10 persen lebih panjang dari pipa yang rusak. Hal ini untuk memastikan cukup panjang untuk membentuk flare dan untuk penyimpangan kecil pada pembengkokkan pipa untuk pola. Setiap panjang ekstra harus dipotong sebelum membentuk flare terakhir.

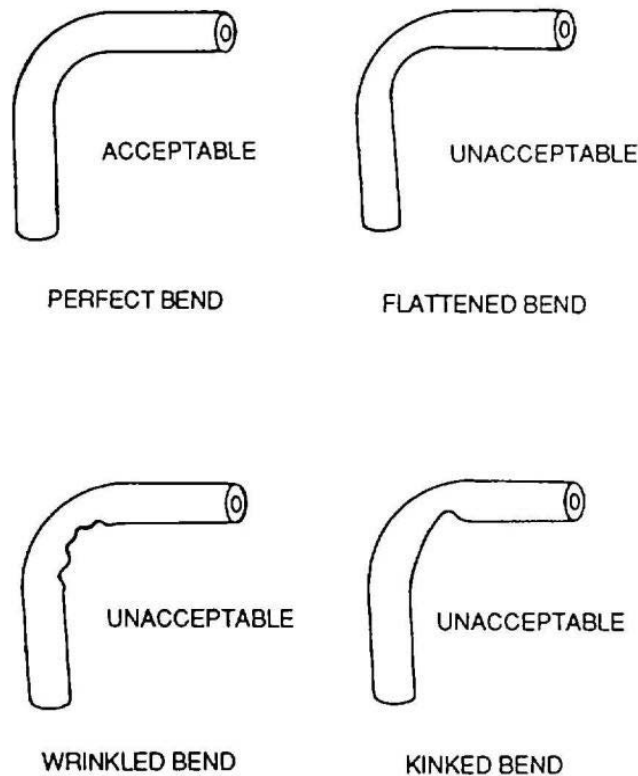
Ada dua metode yang diterima pada pemotongan pipa, yaitu: satu menggunakan alat pemotong tabung standar yang ditunjukkan pada Gambar 4-6, yang lainnya menggunakan gergaji besi. Setelah selesai memotong tabung diantara salah satu dari proses-proses ini, bersihkan semua serpihan yang dihasilkan. Untuk melakukan hal ini, luaskan (*reaming*) ujung tabung sedikit dan bersihkan seluruh bagian tabung secara menyeluruh.

Metode ini akan dibahas lebih lanjut secara rinci dalam teks ini.

Gambar 4.6 Peralatan Pemotong Pipa Standard.

Peralatan Pemotong Pipa Standard. Metode yang ideal pemotongan pipa adalah dengan alat pemotong standar. Tabung ini diselipkan diantara alat pemotong secara tegak lurus pada sudut siku, dan roda pemotong disesuaikan terhadap tabung. Berhati-hatilah untuk tidak memaksa roda terhadap tabung terlalu ketat, karena hal ini memaksa tabung menjadi tidak bulat. Sementara alat diputar, pisau pemakan pada roda pemotong harus diperketat sedikit demi sedikit pada setiap putaran sampai roda memotong mengelilingi tabung. Pemotong pipa harus diputar hanya dalam satu arah, dengan gagangnya yang berayun ke arah yang sama ke bagian wajah yang terbuka. Jika digunakan dengan benar, alat ini meninggalkan ujung akhir pipa yang halus dan tegak lurus dengan porosnya.

Gergaji besi. Jika alat pemotong tidak tersedia, gunakan gergaji besi dengan gigi halus, sebaiknya dengan menggunakan 32 gigi per inci (32 Teeth Per Inch = 32 TPI). Karena sulit untuk mendapatkan siku yang baik, bersihkan potongan di tabung dengan metode, ujung tabung harus dikikir setelah dipotong. Selama pemotongan dengan gergaji dan pengikiran, tabung harus dijepit diblok tabung atau pemegang lain yang cocok untuk mencegah goresan atau tekukan dan untuk membantu dalam menghasilkan sudut potong 90^0 di ujung tabung.

- **Metode Pembengkokkan Pipa.**

Pembengkokkan pipa dapat dilakukan dengan salah satu dari berbagai alat pembengkok tangan atau alat pembengkok bertenaga. Apapun metode yang digunakan, tujuannya adalah untuk mendapatkan bengkokkan yang halus, ataupun bengkokkan tanpa gepeng (*flattening*) atau lekuk (*buckling*). Contoh hasil ini ditunjukkan pada Gambar 4-7.

Gambar 4.7 Bengkokkan pipa yang dapat diterima dan tidak dapat diterima.

Metode Bending Manual (*Hand Bending Methods*). Tabung berdiameter kurang dari 1/4-inch bisa ditekuk atau dibending dengan tangan, tapi berhati-hati untuk melakukan pembengkokkan secara bertahap. Untuk ukuran diameter lebih besar dari 1/4-inch, gunakan alat pembengkok, namun alat ini hanya efektif pada pipa berdinding tipis dari bahan yang lunak.

Dua alat pembengkok yang umum adalah :

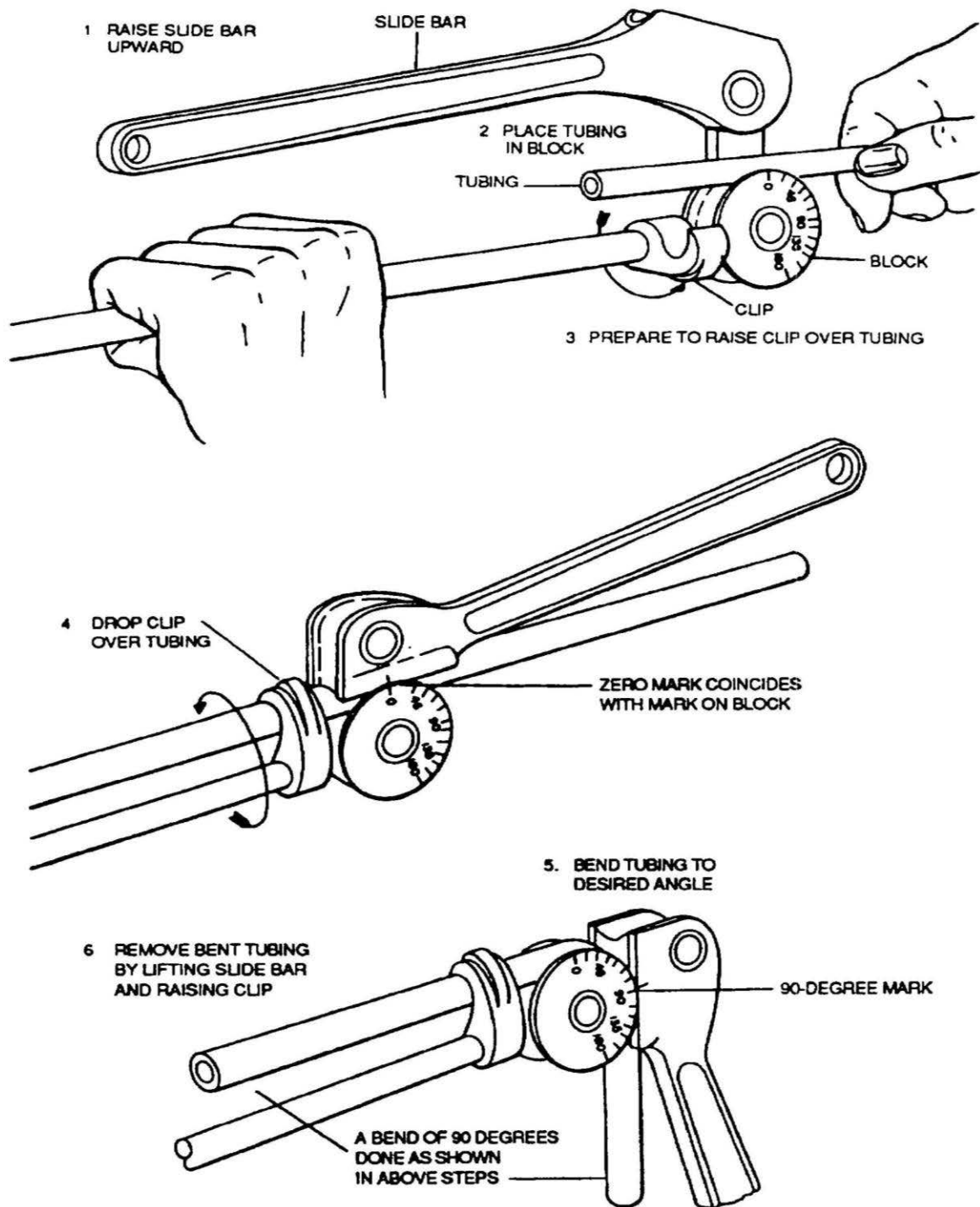
Pegas pembengkok. Mereka digunakan dengan mencocokkan diameter dalam (*Inside Diameter* = *ID*) dari pegas dengan diameter luar (*Outside Diameter* = *OD*) pipa yang akan dibengkok. Pipa tersebut kemudian dimasukkan dan dipusatkan pada puncak atau tumit bengkokkan. Bengkokkan harus dimulai lebih besar dari yang diinginkan dan secara bertahap dikerjakan menurun ke ukuran yang benar. Pegas spiral menambah kekuatan struktural pada dinding pipa selama pembengkokkan dan mencegah pipa dari kehancuran atau puntiran.

Alat Pembengkok Roll. Alat ini membengkok pipa ke radius yang diinginkan secara sangat efisien. Alat ini terdiri dari rol beralur dengan ditandai skala derajat di bagian luar dan batang geser pada pegangan untuk menunjuk ke tanda derajat skala di mana tabung dibengkokkan. Untuk menggunakan alat ini, pipa lurus harus diapasang pada alat, dan tanda bengkokkan diatur untuk menunjukkan nol derajat bengkokkan yang ada pada skala. Kemudian, tekanan diterapkan pada slide bar, bengkokkan pipa pada

derajat sudut yang diinginkan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4-7.

Alat Bending Bertenaga. Mesin pembengkok pipa umumnya digunakan di depot bengkel pemeliharaan. Dengan peralatan tersebut, bengkokkan yang tepat dapat dibuat pada pipa dengan diameter besar dan pada bahan yang keras. Produksi pembengkok pipa adalah suatu contoh dari jenis mesin ini.

Metode alternatif. Pipa yang memiliki diameter luar 1/2-inch atau diameter luar besar adalah sulit untuk dibengkokkan dengan alat-alat tangan. Untuk jenis pipa ini, alat-alat bertenaga harus digunakan bila memungkinkan, karena mereka memiliki pendukung dalam untuk mencegah gepeng (*flattening*) dan kerutan (*wrinkling*). Namun, ketika alat-alat bertenaga tidak tersedia, metode pengisian menggunakan pasir, suntik, atau paduan yang dapat melebur dapat digunakan. Langkah-langkah yang terlibat sangat mirip terlepas dari bahan pengisi yang digunakan. Karena proses menggunakan paduan fusible adalah yang paling kompleks, dan yang paling akurat, maka ia disajikan secara rinci dalam paragraf berikut.

Paduan Fusible adalah paduan logam dengan titik leleh sekitar 160° F. Material harus dicairkan di bawah air panas pada atau dekat titik didih untuk memastikan bahwa logam cair mengalir dengan bebas. JANGAN PERNAH MEMBERIKAN NYALA API PADA PIPA ATAU PADA PADUAN FUSIBLE. PANAS BERLEBIHAN MERUSAK KEKUATAN PIPA YANG DIHEAT TREATMENT DAN KARAKTERISTIK LELEHAN DARI PADUAN FUSIBLE. Uap air tidak akan melelehkan paduan fusible setelah nyala api diterapkan. Selain itu, jika pipa tersebut ditahan di atas nyala api langsung untuk menghilangkan paduan, partikel-partikel dari logam ini dapat menempel pada bagian dalam tabung dan menyebabkan korosi.

Gambar 4.7 Membengkok Pipa dengan *Bending Machine* (*Roller Bending Tool*).

Enam langkah yang diambil pada proses paduan fusible adalah sebagai berikut:

(1) Lapisi permukaan dalam tabung yang akan dibengkok dengan oli mesin ringan, spesifikasi MIL - L - 6082A.

(2) Tutup salah satu ujung tabung.

(3) Tempatkan paduan fusible pada sendok baja bersih dan menggabungkan

kedua tabung dan sendok dalam tangki air panas. Paduan fusible tetap tinggal di sendok, tidak menggabungkan dengan air panas.

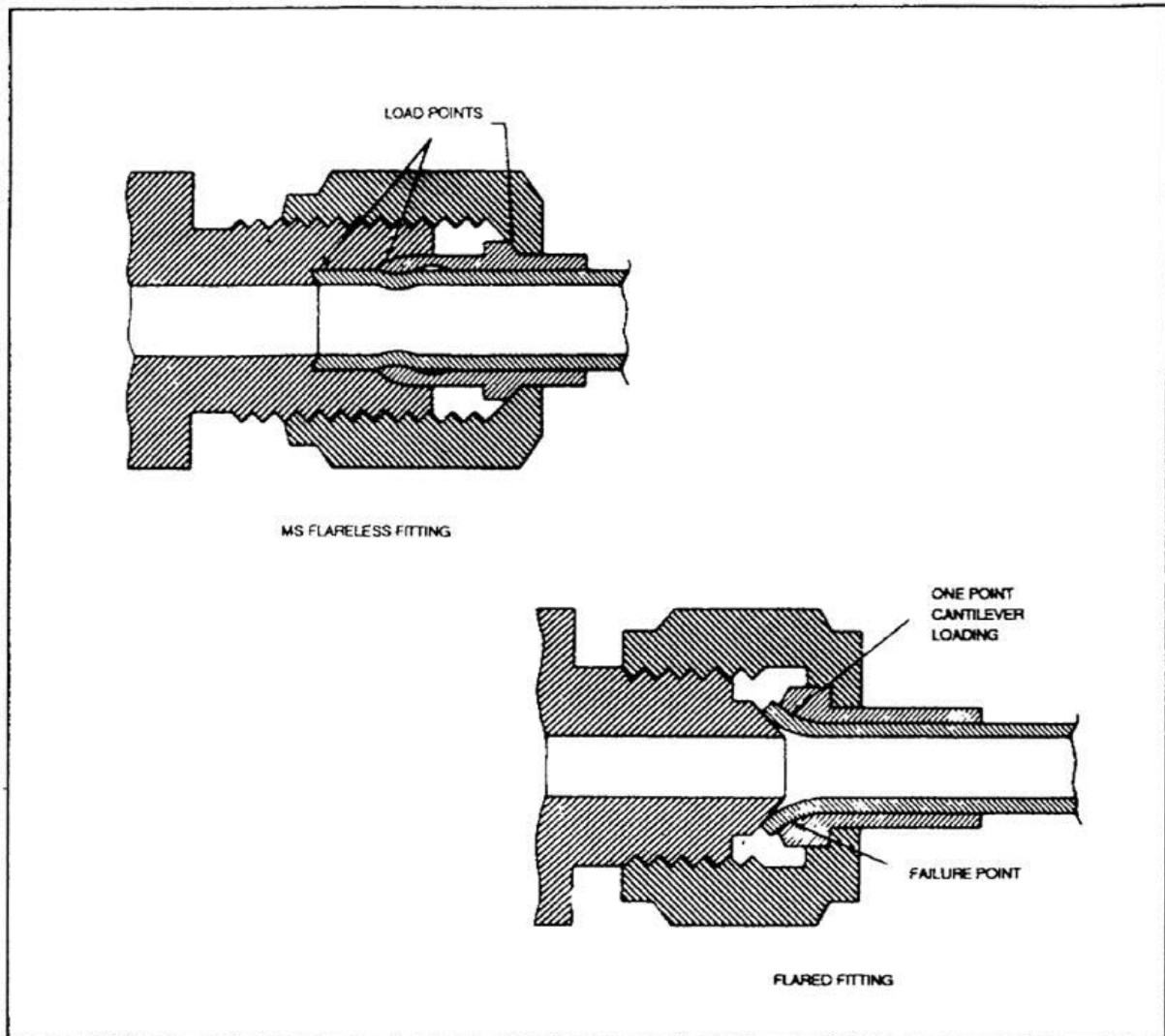
(4) Ketika paduan telah meleleh, tuangkan ke dalam tabung yang akan dibengkok, jaga kedua tabung dan sendok di bawah air. Begitu mengisi tabung, paduan menggantikan air dari tabung. Setelah tabung penuh dengan paduan, keluarkan dari air dan dinginkan secara mengejutkan (*quenching*) dalam air atau udara dingin, dinginkan sampai paduan benar-benar sudah dipadatkan.

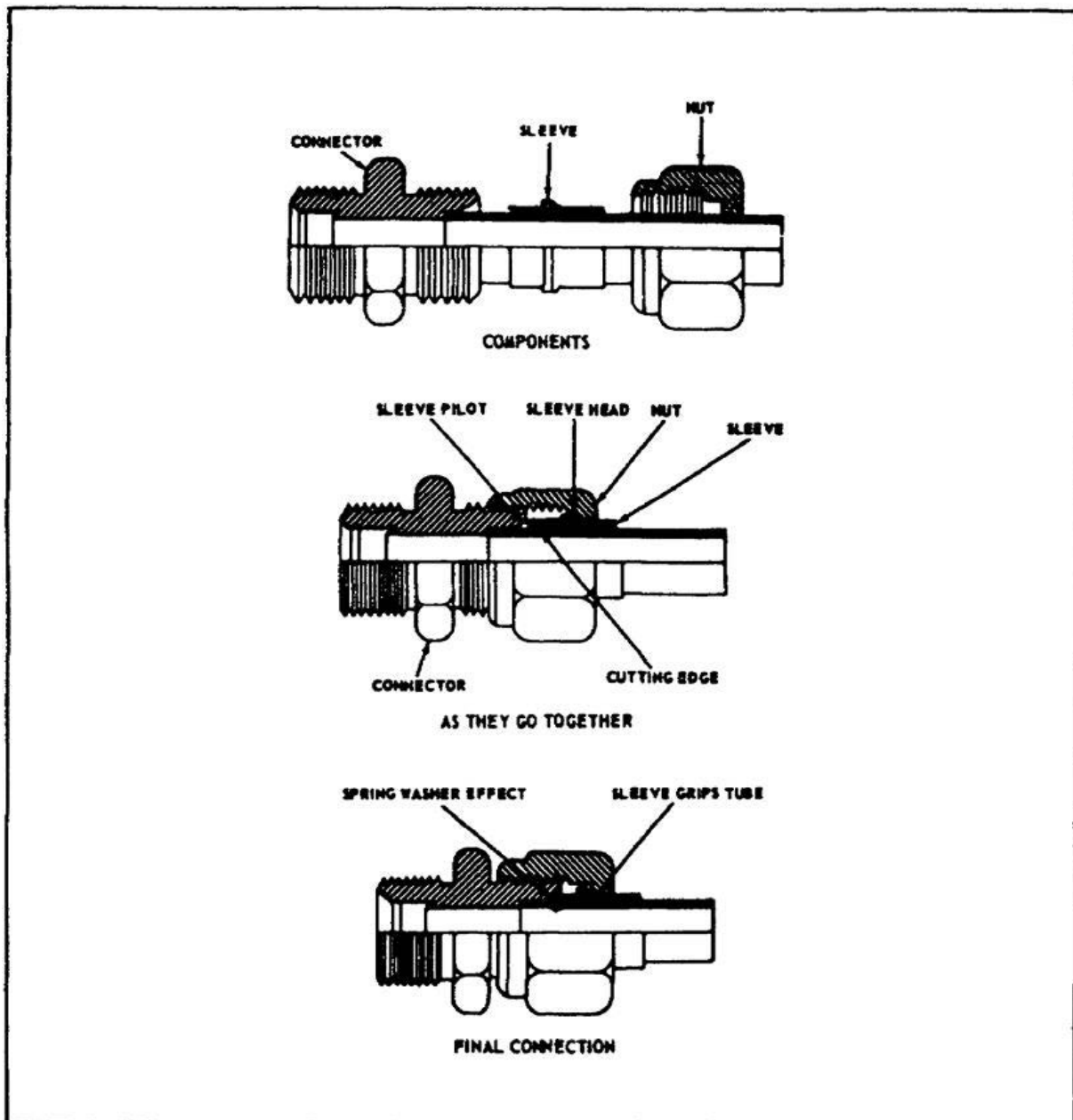
(5) Tabung sekarang solid dan bisa ditekuk dengan alat bending yang cocok. Sebagai paduan ini dengan mudah dibengkok ketika dingin tapi pecah ketika hangat atau di bawah beban tiba-tiba yang diterapkan, harus diperhatikan bahwa paduan dalam tabung harus dibengkokkan perlahan-lahan.

(6) Ketika pembengkokan selesai gabungkan pipa dalam air panas dan biarkan paduan lari keluar dari tabung ke sendok atau tempat lain yang cocok. Semua paduan harus dilepas dari tabung yang dibengkok, karena paduan akan menyebabkan korosi. Juga, setiap paduan yang tersisa di tabung akan menghambat tabung dan mengubah karakteristik aliran fluida.

- **Sambungan Pipa**

Tiga tipe dasar sambungan yang digunakan dengan pipa pesawat. Dua yang paling umum, standar militer (*Military Standards* = *MS*) sambungan tanpa flare (*flareless connection*) dan sambungan dengan *flare*, digambarkan pada Gambar 4-8. Yang ketiga, lebih jarang digunakan adalah koneksi manik-manik (*beaded connection*).

CATATAN: Standar *Army-Navy* (*AN*) yang ditujukan untuk standar pemerintah berubah pada penyebutan standar militer (*MS*).

Gambar 4.8 Sambungan ujung tak mengembang (*flareless*) dan ujung mengembang (*flared*)

Sambungan tanpa flare Standar Militer (*MS Flareless Connection*). Koneksi ini digunakan secara luas pada pesawat model yang terbaru. Sambungan ini ditujukan terutama untuk sistem gas atau cairan bertekanan tinggi atau untuk layanan di mana ia dikenai getaran parah atau tekanan berfluktuasi. Koneksi ini mempertahankan segel di bawah kondisi ini lebih baik daripada jenis lainnya. Hubungan tanpa flare MS terdiri dari konektor, lengan, dan mur, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4-9. Ekor pada lengan meredam penuh getaran tabung, mencegah kelelahan dan kerusakan, sedangkan kerja pengunci pegas dari lengan mencegah mur dari kelonggaran, menjaga segel yang lebih baik.

Gambar 4.9 Sambungan Tanpa *Flare* atau Kerah

Sambungan dengan flare (*The Flared Connection*). Koneksi ini tahan tekanan tinggi dan digunakan secara luas dalam sistem hidraulik. Bagian-bagian komponen yang diperlukan untuk membentuk koneksi dengan flare adalah: mur, lengan, dan ujung pipa yang dibentuk atau di flare secara tepat. Bagian-bagian ini dirakit dengan mur yang diulirkan pada sambungan berulir. Mur dan lengan ini tersedia pada baja paduan atau aluminium paduan, penggunaannya bervariasi sesuai dengan bahan tabung. Dua jenis flare dapat dibuat pada tabung:

- Flare tunggal. Flare tunggal digunakan untuk semua ukuran pipa stainless steel, untuk pipa alumunium paduan 6061, dan aluminium paduan 5052 digunakan untuk yang berdiameter luar (*OD*) lebih besar dari 1/2-inch.
- Flare ganda. Flare ganda digunakan khusus untuk pipa dengan bahan aluminium

paduan 5052 yang memiliki diameter luar 1/2-inch dan atau lebih kecil.

Sambungan Bermanik (*Beaded Connection*). Koneksi ini digunakan hanya untuk pipa atau fitting. Koneksi jenis ini tidak mampu menahan tekanan tinggi dan hanya digunakan dalam sistem tekanan rendah. Tidak ada gambar manik-manik tercakup di sini, tapi Gambar 4-10 berikut ini yang menggambarkan sambatan tabung tekanan rendah, menunjukkan contoh koneksi manik-manik.

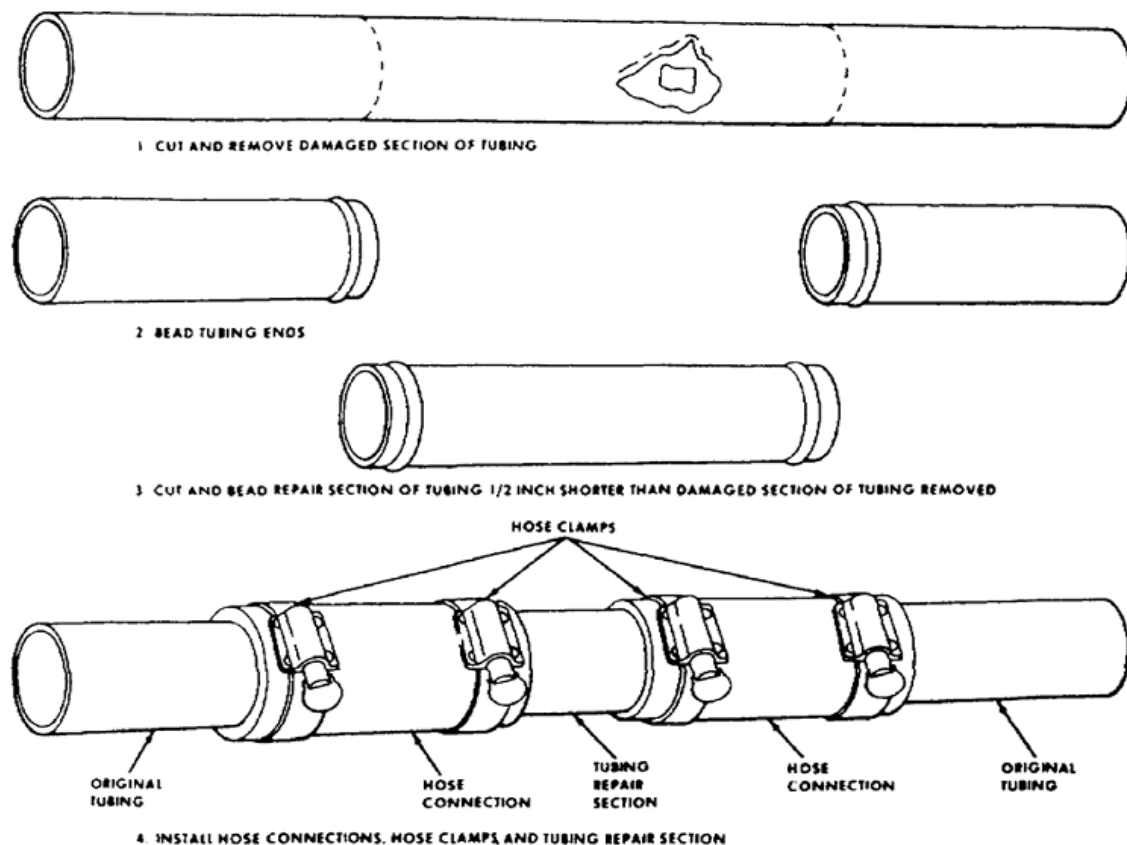



Figure 4.10 Smbungan Pipa Tekanan Rendah.

- **Mempersiapkan Pipa Untuk *Flaring***

Dua langkah yang digunakan untuk menyiapkan Flaring pipa, yaitu: meluaskan (*reaming*) dan pembersihan (*cleaning*). Mereka harus diikuti dengan hati-hati sehingga tabung tidak rusak atau melemah, dan untuk mencegah benda asing merusak ketika tabung dipasang atau diinstal.

Reaming. Setelah pipa dipotong siku menggunakan pemotong, tandai batas lipatan, dan serpih yang berlebihan dihilangkan. Periksa sambungan untuk mutilasi ke daerah-daerah ulir, torehan atau takikan.

Membersihkan. Biasanya metode membersihkan ditunjukkan pada manual. Tiga metode yang ditentukan untuk membersihkan pipa diberikan dalam seri manual TM 1-1500-204-23 (manual untuk perawatan pesawat militer di Amerika). Dengan merujuk

ke TM (Training Manual) untuk bahan dan bagaimana mereka harus digunakan karena pembersih bahan kimia terus ditingkatkan. Perbaikan ini digabungkan dalam TM melalui perubahan dicetak. Contohnya adalah penggunaan pelarut PS-661 yang telah diubah dengan penggunaan naptha TT-N-95. Daftar bisa terus dan terus. Karena itu, ketika menggunakan bahan pembersih atau dalam sistem hidraulik, selalu mengacu pada publikasi berlaku yang terbaru untuk bahan dan kegunaannya yang benar. Tabung harus bebas dari semua kotoran dan minyak sebelum penjepitan pada *flaring tool*. Blok pencetak pada flaring tool harus dibersihkan dengan benar untuk mencegah slip dan deformasi pipa.

- **Alat Pengembang (*Flaring Tools*)**

Dua tipe dasar dari alat flaring tangan yang bisa memberikan flare tunggal yaitu: model sekrup dan kombinasi. Alat ini dijelaskan dalam paragraf berikut.

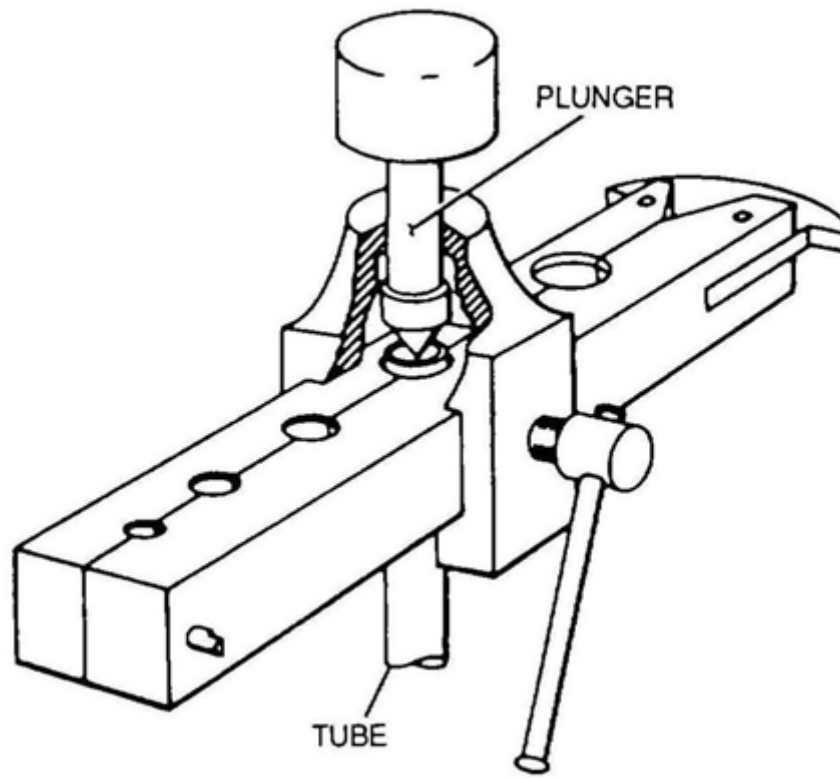
Alat Flaring Skrup (*Screw Flaring Tool*). Ada dua jenis alat flaring sekrup yaitu: satu berulir (*threaded*) dan yang lainnya dengan cetakan datar (*plain die*). Batang dari plunyer pada alat pengembang skrup ini berulir sehingga ujung runcing batang ini dipaksa masuk ke dalam tabung dengan memutar bukan dengan pukulan palu. Sekrup alat pengembang ini juga memiliki keuntungan dari tabung yang terlihat, sehingga mudah untuk menentukan kapan *flare* telah lengkap diselesaikan.

CAUTION: DO NOT USE FLARING TOOLS THAT HAVE SERRATIONS IN THE CLAMP BLOCK.

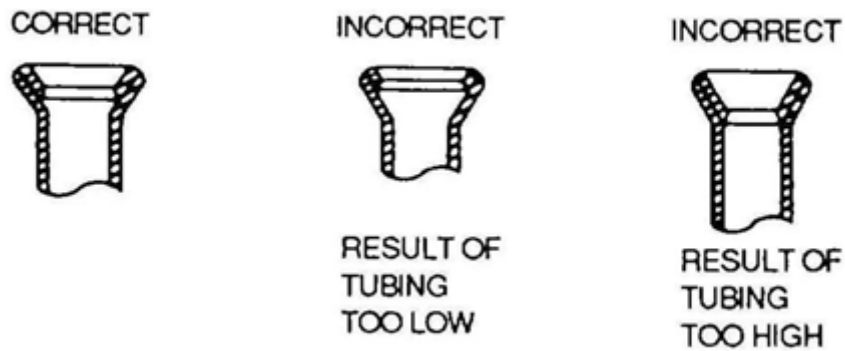
PERHATIAN: JANGAN MENGGUNAKAN FLARING TOOLS YANG MEMILIKI GERIGI-GERIGI PADA BLOK PENJEPITNYA.

Alat Flaring Kombinasi. Alat flaring kombinasi ini dirancang untuk krah tunggal pada semua tingkatan pipa pesawat termasuk di dalamnya untuk stainless steel. Alat ini juga dapat membentuk dua lapis flare pada pipa aluminium dan pipa tembaga. Bagian komponen dari alat flare kombinasi ini terdiri dari: blok penjepit, rotor yang menggabungkan desakan untuk membentuk *flare double-lap*, dan penekan berbentuk kerucut untuk membentuk flare tunggal. Dengan setiap alat, ada dua set blok pencetak, masing-masing set memiliki empat alur akurat yang dikerjakan dengan mesin untuk mengakomodir empat ukuran pipa yang berbeda. Dua set blok pencetak memungkinkan untuk melebarkan delapan ukuran yang berbeda dari tabung. Sebuah sekrup penjepit digunakan untuk memegang tabung di antara blok pencetak, dan sekrup kompresi terletak di depan bulatan dial berisi penekan flare. Sebuah batang geser diam digunakan untuk pengaturan tabung guna menyetel kedalaman flare yang tepat.

CATATAN

Pipa harus dikembangkan (*flared*) dengan metode flare tunggal hanya dalam keadaan darurat ketika alat pembuat flare ganda tidak tersedia.

Gambar 4.11 Alat Pengembang Ujung Pipa (*Flaring Tool*)

Pengembangan Ujung Pipa (*Flare*) Ganda

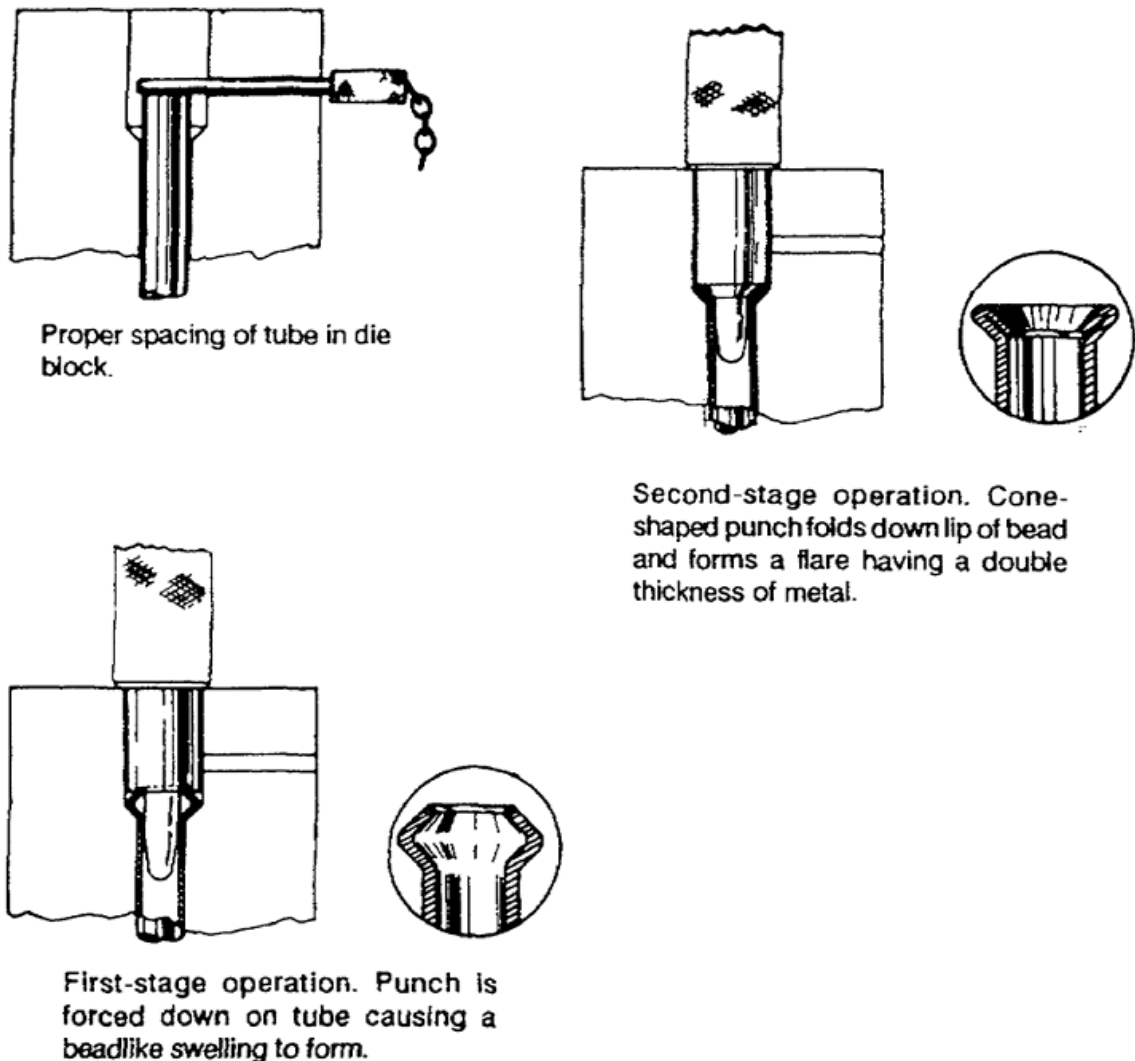
Flare ganda diperlukan pada semua pipa aluminium paduan 5052 dengan ukuran diameter luar (*OD*) kurang dari 1/2-inch. Krah ganda memberikan ketebalan ganda pada logam di ujung yang dibuat flare itu sendiri. Ketebalan ganda ini mengurangi bahaya pemotongan flare dengan torsi yang berlebihan selama proses perakitan dan juga meminimalkan bahaya kegagalan flare. Contoh flare ganda yang benar dan salah yang ditunjukkan pada Gambar 4.12

Gambar 4.12 Flare ganda yang benar dan yang salah (Pipa dengan flare ganda)

Flare ganda dapat dibentuk oleh alat pembuat flare dua lapis jenis putar atau kejut atau oleh kombinasi alat pembuat flare yang telah dijelaskan sebelumnya.

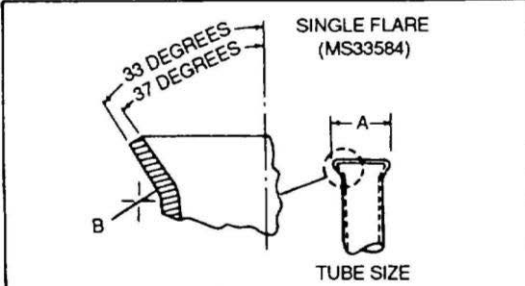
Langkah-langkah dalam pembentukan flare dua lapis dijelaskan dalam paragraf berikut dan diilustrasikan pada Gambar 4-13 berikut ini.

Proper spacing of tube in die block.

Second-stage operation. Cone-shaped punch folds down lip of bead and forms a flare having a double thickness of metal.

First-stage operation. Punch is forced down on tube causing a beadlike swelling to form.

Gambar 4.13 Proses Membuat Flare Ganda.

Langkah Pertama. Pipa di cekam di antara bagian belahan dari blok pencetak dengan ujung pipa dilebihkan sedikit di atas lereng (*bevel*) lubang blok pencetak. Kemudian, langkah pertama plunyer pencetak ditempatkan berhadapan menekan pipa dengan ujung pipa yang bebas di lubang rongga plunyer. Plunger tersebut kemudian ditekan paksa menuju blok pencetak, menyebabkan pembengkakan seperti manik di bagian ujung pipa. Langkah pertama plunyer kemudian dilepas, meninggalkan pipa di blok pencetak.

Langkah Kedua. Kerucut ditempatkan di ujung manik-manik dari pipa. Plunyer ini kemudian dipaksa menekan terhadap manik-manik, menyebabkan logam di bagian atas manik-manik melipat ke bagian bawah. Ini membentuk flare dengan ketebalan ganda di bibir logam.

- ***Flare* Rusak**

Kurangnya perawatan dan perhatian terhadap detail dalam membentuk flare kemungkinan akan mengakibatkan produksi flare rusak. Jika pipa tidak dipotong dengan siku, hasil flare miring. Sebuah krah rusak juga terjadi jika pipa tidak dimasukkan cukup jauh ke dalam blok pencetak mengakibatkan kondisi flare kurang (*underflared*). Sebuah pipa *underflared* memiliki area pencengkeram kecil dan akan menarik lepas di bawah tekanan. Jika pipa dimasukkan sampai menjorok terlalu jauh melewati tepi blok penjepit, menghasilkan kondisi flare berlebih (*overflared*). Hal ini dapat menyebabkan flare retak atau pecah. Penggunaan penghenti akan mencegah jenis ini dari *overflare*. Terlalu banyak gaya yang digunakan pada alat pembentuk ketika membuat flare menghasilkan flare retak atau memerah (*flushed flare*).

PLAN VIEW OF DIAL

CUT
DIST B
TUBE TO BE BENT
DEGREE OF BEND
360-DEG DIAL
END X
DIAL
DIST A
END Y
TRIM & BURR AS NECESSARY

REVISIONS			
SYM	DESCRIPTION	DATE	APPROVAL

BEND NO	RADIUS INCHES	DISTANCE FROM Y END	DIAL SETTING CLOCKWISE REF	DEGREE OF BEND

	TYPES OF ENDS
I	FLARE AND10061
II	BEAD AND10060
III	DOUBLE FLARE AND10078
IV	PLAIN SQUARE
V	ANGLE – 45°
VI	OTHER DESIGNATE

DISTANCE A FROM LAST BEND TO END		TYPE END X	TYPE END Y

NOTES

TYPE OF FITTING END X

TYPE OF FITTING END Y

MATERIAL	MATERIAL SPEC		
TUBE SIZE	WALL THICKNESS	MINIMUM STOCK LENGTH	
FINISH SPEC	COLOR CODE	HEAT TREAT	DECAL PT NO

NEXT ASSY	USED ON
APPLICATION	

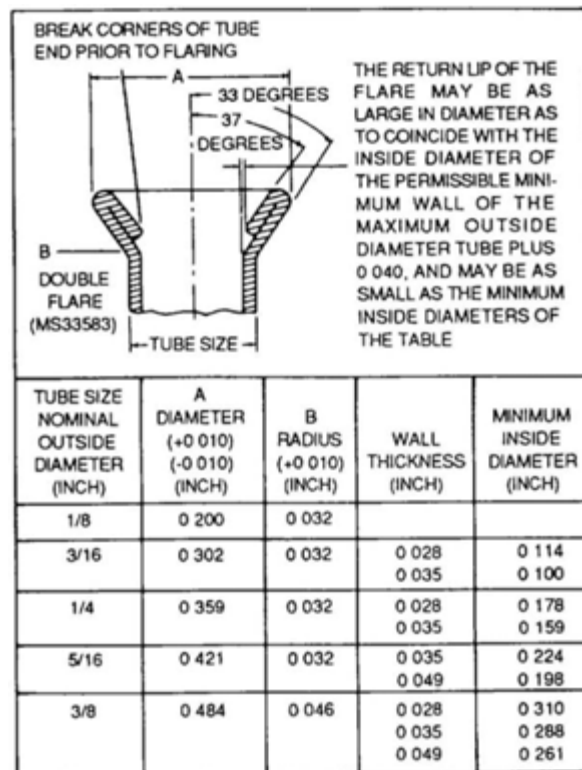
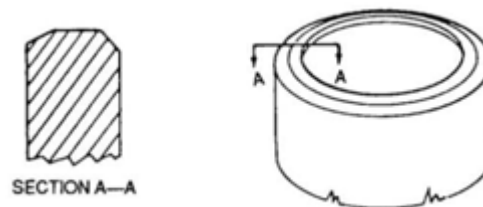
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED DIMENSIONS ARE IN INCHES TOLERANCES IN FRACTIONS AND ANGLES IN DEGREES

DRAFTSMAN	TITLE	CONTRACTOR NAME
INSPECTED BY		
APPROVED BY	MFR CODE	DWG NO
	SHEET OF	

Gambar 4.14 Data bengkokkan pipa

TUBE SIZE OUTSIDE DIAMETER (INCH)	A DIAMETER		B RADIUS (±0 010) (INCH)
	ALUMINUM ALLOY TUBING (INCH)	STEEL TUBING (INCH)	
1/8	0 200 (+0 000) (-0 010)	0 200 (+0 000) (-0 010)	0 032
3/16	0 302 (+0 000) (-0 010)	0 302 (+0 000) (-0 010)	0 032
1/4	0 359 (+0 000) (-0 010)	0 359 (+0 000) (-0 010)	0 032
5/16	0 421 (+0 000) (-0 010)	0 421 (+0 000) (-0 010)	0 032
3/8	0 484 (+0 000) (-0 010)	0 484 (+0 000) (-0 010)	0 046
1/2	0 656 (+0 000) (-0 010)	0 656 (+0 000) (-0 010)	0 062
5/8	0 781 (+0 000) (-0 010)	0 781 (+0 000) (-0 010)	0 062
3/4	0 937 (+0 000) (-0 010)	0 937 (+0 000) (-0 010)	0 078
1	1 187 (+0 000) (-0 015)	1 187 (+0 000) (-0 015)	0 093
1 1/4	1 500 (+0 000) (-0 015)	1 500 (+0 000) (-0 015)	0 093
1 1/2	1 721 (+0 000) (-0 015)	1 721 (+0 000) (-0 015)	0 109
1 3/4	2 106 (+0 000) (-0 015)	2 106 (+0 000) (-0 015)	0 109
2	2 356 (+0 000) (-0 015)	2 356 (+0 000) (-0 015)	0 109
2 1/2	2 856 (+0 000) (-0 015)	2 856 (+0 000) (-0 015)	0 109
3	3 356 (+0 000) (-0 015)	3 356 (+0 000) (-0 015)	0 109

Gambar 4.15 Ukuran untuk Pipa *Flare* Tunggal

TUBE SIZE NOMINAL OUTSIDE DIAMETER (INCH)	A DIAMETER (+0 010) (-0 010) (INCH)	B RADIUS (+0 010) (INCH)	WALL THICKNESS (INCH)	MINIMUM INSIDE DIAMETER (INCH)
1/8	0 200	0 032		
3/16	0 302	0 032	0 028 0 035	0 114 0 100
1/4	0 359	0 032	0 028 0 035	0 178 0 159
5/16	0 421	0 032	0 035 0 049	0 224 0 198
3/8	0 484	0 046	0 028 0 035 0 049	0 310 0 288 0 261

Gambar 4.16 Ukuran untuk Pipa *Flare* Ganda

Gambar 4.17 Pipa Dikikis (Bured) dengan Tepat

- **Pembersihan Pipa**

Setelah pipa dibentuk dan dibuat *flare*, semua minyak, lemak, dan bahan asing lainnya harus dihapus sebelum instalasi. Penghapusan setiap jejak minyak dan lemak dari tabung oksigen adalah masalah penting karena kontak antara botol oksigen (yang digunakan untuk pernapasan) dan minyak atau lemak bisa menghasilkan pembakaran ledakan secara spontan.

- **Penyambung Pipa (*Fittings*)**

Fittings digunakan untuk merakit dan interkoneksi atau menyambung antara pipa-pipa dan selang untuk komponen pipa dan untuk menghubungkan jalur melalui *bulkheads*. Contoh fitting ini ditunjukkan pada Gambar 4.18.

Sebelum instalasi, semua alat penyambung harus secara cermat dan hati-hati diperiksa untuk memastikan bahwa permukaan mereka halus. Kehalusan terdiri dari kebebasan dari serpihan, takikan, goresan, dan tanda alat.

Setelah pemeriksaan sambungan, lapisan tipis senyawa anti merebut (*anti-seize*) spesifikasi Federal TT-A-580, harus diberikan pada ulir sambungan, kecuali untuk peralatan hidraulik dan oksigen. Cairan hidraulik harus digunakan untuk melumasi sambungan jalur pipa hidraulik. Senyawa anti-seize MIL-T-5542 digunakan untuk melumasi sambungan sistem oksigen.

- **Pemasangan Mur**

Mur pengontrol Pesawat biasa digunakan untuk mengencangkan pipa dan memasang rakitan bersama-sama dan untuk menghubungkan seluruh rakitan pipa kepada komponen-komponen sistem pemipaan. Hanya kunci mur sambungan dari jenis penunjuk torsi (kunci momen) khusus yang boleh digunakan untuk menginstal rakitan pipa. Jika tidak tersedia, kunci pas (*open-end wrench*) dapat digunakan.

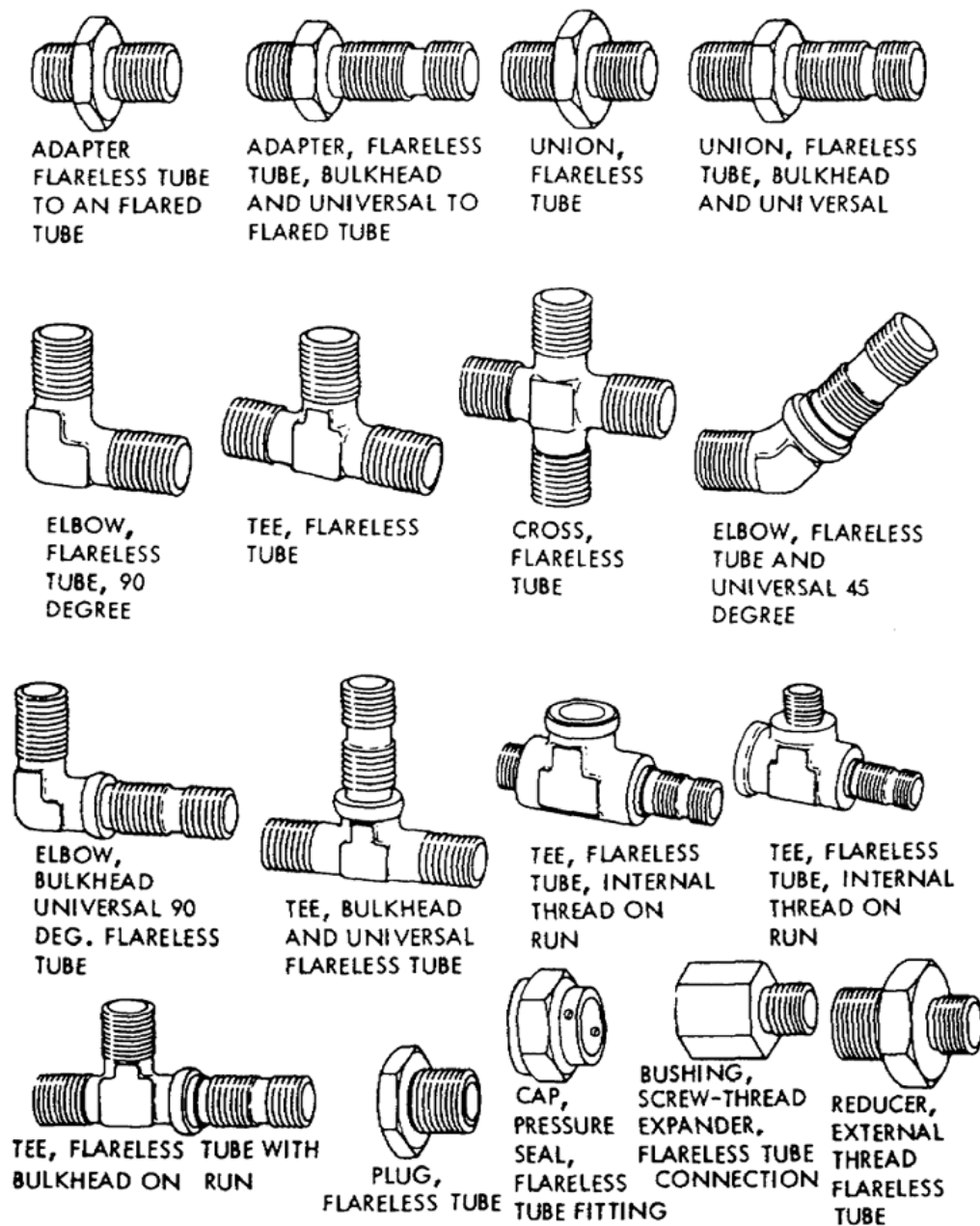
Mengencangkan mur pada torsi yang cocok dan tepat selama instalasi adalah sangat penting. Pengencangan berlebihan dari mur ini dapat merusak flare pipa, lengan, dan mur. Pengencangan di bawah torsi (*Undertorquing*) sama seriusnya, dapat memungkinkan saluran meniup keluar dari sambungan atau bocor karena di bawah tekanan. Jika pemasangan menggunakan torsi yang sesuai, rakitan popa dapat dilepas dan dipasang berkali-kali sebelum diperlukan pembuatan flare ulang (*reflareing*).

Saat memasang sambungan, melalui sekat. Berhati-hati untuk memastikan bahwa mur cukup ketat untuk mencegah gerakan antara sekat dan sambungan atau fitting. Jika setiap gerakan terjadi, getaran dapat menyebabkan sambungan memperbesar lubang melalui sekat di luar toleransi yang diizinkan dan akhirnya merusak sambungan.

PERHATIAN: PEMASANGAN MUR JANGAN PERNAH DIKENCANGKAN SAAT ADA TEKANAN DALAM SISTEM, KARENA BISA MENGHASILKAN KONDISI TORSI RENDAH (UNDERTORQUES) DAN CENDERUNG MEMOTONG FLARE.

- **Pemasangan Rakitan Pipa**

Sebelum rakitan pipa dipasang di pesawat, harus secara cermat hati-hati diperiksa, dan semua penyokan dan takikan atau torehan harus dihilangkan. Lengan harus cukup terlindung dengan tonjolan 1/16 sampai 1/8 inci di atas dari lengan atas. Saluran perakitan harus bersih dan bebas dari segala benda asing seperti yang dijelaskan dalam paragraf sebelumnya. Selama instalasi, pemasangan mur harus disekrupkan ke bawah dengan tangan sampai mereka tepat di dudukannya dan

kemudian diberikan torsi yang benar. Rakitan pipa tidak harus ditarik ke tempatnya dengan mur, tetapi harus diluruskan atau diselaraskan sebelum pengetatan.

Gambar 4.18 Jenis-jenis Fitting.

Jika pipa tersebut akan dijalankan melalui sekat, bukannya terhubung melalui sekat dengan sambungan, berhati-hati sehingga pipa tidak tergores. Untuk perlindungan tambahan dalam operasi ini, tepi potongan harus diberi pita sebelum jalur atau saluran diinstal.

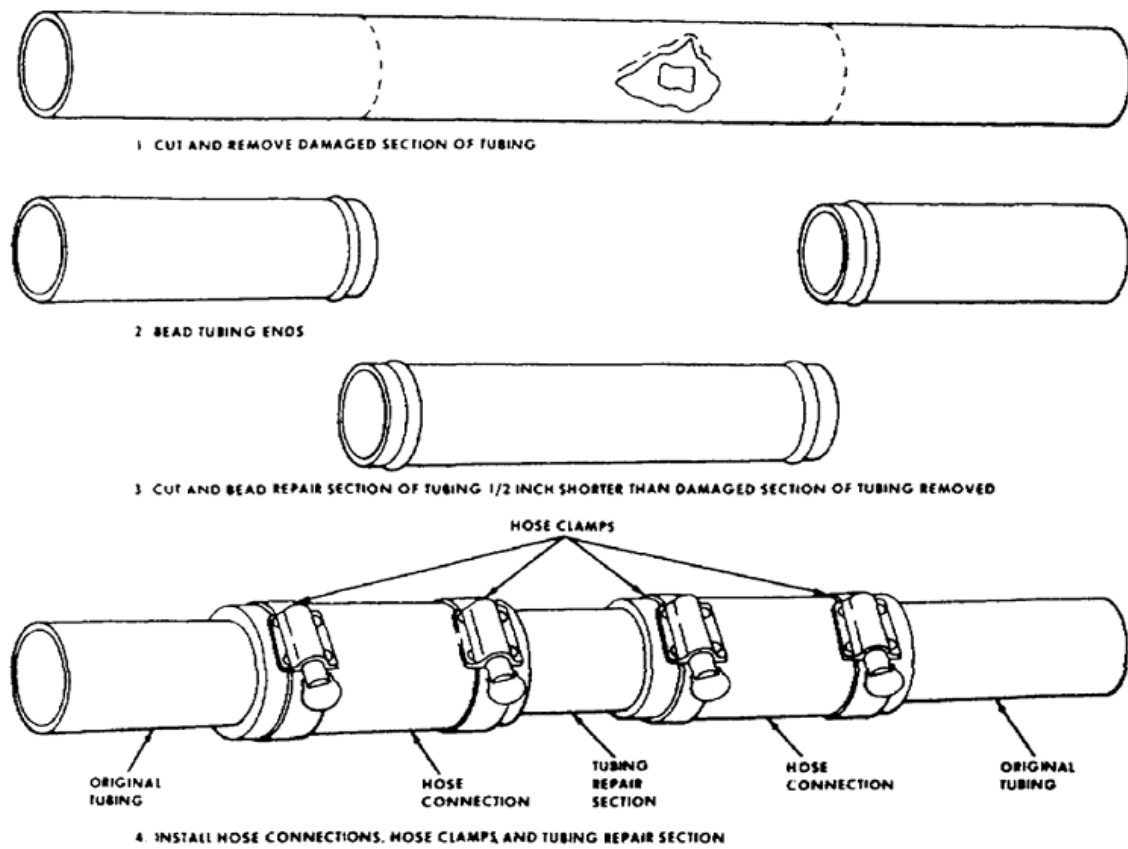
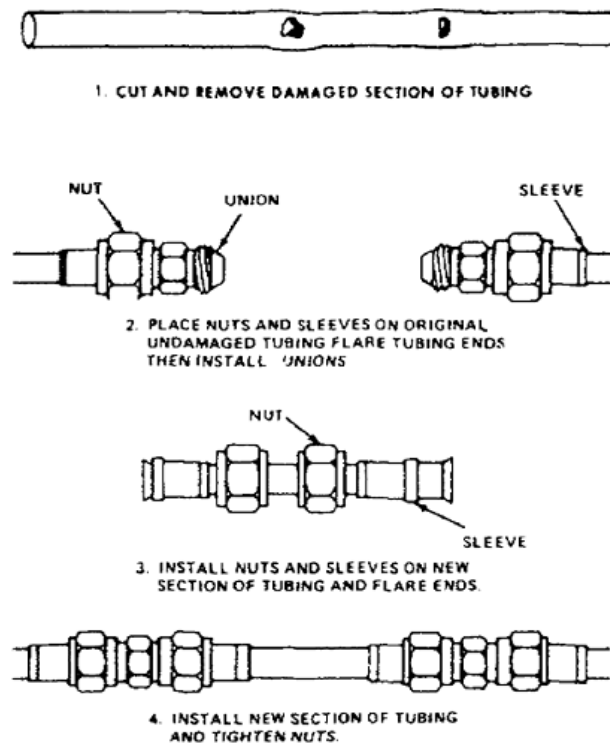
- **Perbaikan Pipa**

Sebuah persentase besar dari kerusakan kecil pada pemipaan pesawat merupakan hasil dari praktik-praktik pemeliharaan yang ceroboh. Salah menempatkan kaki atau alat bisa menyebabkan pipa tergaruk, tertakik, atau penyok di luar toleransi. Oleh karena itu, perhatian pada komponen dari personil pemeliharaan dapat mencegah banyak pekerjaan.

Ketika tabung yang rusak ditemukan, solusi ideal adalah menggantikan bagian lengkap pipa. Dalam beberapa kasus, bagaimanapun, ini tidak mungkin. Dalam kasus ini kerusakan ringan biasanya dapat diperbaiki, memberikan kerusakan berada dalam batas yang ditentukan. Teknik perbaikan kecil dijelaskan dalam paragraf berikut.

Penyok atau melekuk (*Dents*). Setiap lekuk penyokan kurang dari 20 persen dari diameter pipa tidak keberatan kecuali pada tumit radius bengkokan yang pendek dalam hal pipa tersebut akan dibuang. Penyok yang melebihi 20 persen dari diameter tabung harus diganti. Menggosok (*burnishing*) di bagian puncak atau tumit bengkokkan tidak diperbolehkan di mana bahan telah ditarik tipis selama pembentukan.

Takikan (*Nicks*). Suatu takik dalam sepotong pipa menyebabkan pipa pada kegagalan karena konsentrasi stres yang disebabkan oleh getaran pada titik penyok. Takikan melemahkan pipa terhadap tekanan internal dan torehan tersebut harus digosok untuk mengurangi efek takik. Suatu takik yang tidak lebih dalam dari 15 persen tebal dinding aluminium, paduan aluminium, tembaga, atau pipa baja dapat dikerjakan ulang dengan penggosokan (*burnishing*) dengan alat-alat tangan. Setiap paduan aluminium, tembaga, atau pipa baja tabung dengan torehan lebih dari 15 persen dari ketebalan dindingnya harus ditolak. Pipa yang sobek di daerah bengkokkan harus diganti jika sudah membawa lebih dari 100 psi tekanan. Untuk pipa yang membawa tekanan 100 psi atau kurang, takikan yang tidak lebih dari 20 persen dari ketebalan dinding aluminium, paduan aluminium, tembaga, atau baja dapat dikerjakan ulang oleh penggosokkan dengan alat-alat tangan.

Penyambungan (*splicing*). Ketika pipa rusak melebihi toleransi untuk perbaikan telah dijelaskan dalam paragraf sebelumnya dan jika tidak mungkin untuk mengganti seluruh bagian pipa, sambatan atau sambungan dapat diinstal. Ada dua metode berbeda dari penyambungan pipa yang rusak, yaitu: satu perbaikan untuk pipa tekanan rendah, dan yang lainnya untuk memperbaiki pipa tekanan tinggi. Langkah-langkahnya tercakup di dalamnya.

Gambar 4.19 Sambungan Pipa Tekanan Rendah.

Gambar 4.20 Sambungan Pipa Tekanan Tinggi (*High-Pressure Tube Splice*).

4.3 Rangkuman

RANGKUMAN BAGIAN-A

▪ Tiga jenis pipa logam yang digunakan dalam sistem pemipaan pesawat, yaitu: paduan aluminium, stainless steel, dan tembaga. Pipa paduan aluminium adalah yang paling banyak digunakan karena kemampuan dikerjakan (*workability*), tahan terhadap korosi, dan ringan. Pipa stainless steel digunakan dalam sistem tekanan tinggi dan di tempat-tempat di mana pipa terkena kemungkinan kerusakan karena benda-terbang atau kecelakaan penanganan di darat. Pipa tembaga biasanya digunakan hanya dalam sistem oksigen tekanan tinggi.

▪ Dalam jalur pengganti saluran, jalur saluran aslinya biasanya diikuti. Namun, ketika rute yang berbeda harus digunakan, perawatan harus dilakukan dalam perencanaan tata letak untuk memastikan bengkokkan pada pipa tidak melebihi radius tikungan minimum yang ditentukan untuk jenis tertentu dari pipa. Perawatan juga harus diambil tidak untuk rute tubing tanpa tikungan karena hal ini memungkinkan ada fleksibilitas dalam menanggapi getaran atau fluktuasi tekanan.

▪ Ada dua metode yang dapat diterima untuk pemotongan pipa. Metode yang paling akurat dan umum digunakan adalah dengan standar alat pemotong pipa. Ketika digunakan dengan benar, alat ini meninggalkan akhir yang halus dan pipa siku terhadap garis sumbu atau pada porosnya. Metode kedua pemotongan pipa dengan menggunakan gergaji besi bergigi halus. Metode ini tidak memberikan hasil potongan siku sebagaimana yang diproduksi dengan alat potong standar dan memerlukan pengikiran akhir pipa setelah pemotongan siku pada bagian ujung.

▪ Berbagai alat dan metode tersedia untuk pembengkokkan pipa, masing-masing memiliki kemampuan dan kelebihan yang berlaku untuk jenis atau ukuran tabung tertentu. Apapun metode yang digunakan, tujuannya adalah untuk mendapatkan bengkokkan halus, bahkan bengkokkan tanpa terjadi gepeng atau lekukkan (*buckling*).

▪ Dua jenis yang paling umum dari sambungan yang digunakan pada pemipaan pesawat, yaitu sambungan tanpa flare (*flareless*) Standar Militer (*MS*) dan sambungan dengan menggunakan flare. Sambungan *flareless* MS memiliki kelebihan yang berbeda melebihi sambungan dengan krah atau flare: ia lebih mudah untuk dibuat, memiliki tiga tempat beban perapatan untuk mencegah kebocoran (dibandingkan lawan satu pada sambungan dengan flare), dan dapat digunakan berkali-kali tanpa bahaya retak. Koneksi dengan flare dibentuk dengan menggunakan alat pembentuk flare. Ketika terbentuk dengan tepat, mereka mampu menahan tekanan tinggi dan digunakan secara ekstensif dalam sistem hidraulik. Salah satu dari dua jenis flare dapat digunakan tergantung pada jenis pipa yang digunakan. Flare tunggal digunakan untuk semua ukuran pipa aluminium paduan 5052 dengan diameter luar lebih besar dari 1/2 inci. Flare ganda digunakan pada semua ukuran pipa dengan diameter luar dari 1/2 inci atau kurang. Jenis ketiga koneksi yang digunakan dalam sistem pesawat pipa adalah sambungan atau koneksi manik-manik. Koneksi jenis ini tidak mampu menahan tekanan tinggi dan hanya digunakan dalam sistem tekanan rendah.

▪ Sambungan (*fittings*) digunakan dalam sistem pemipaan pesawat untuk menghubungkan berbagai jalur satu sama lain dan dengan komponen lain di mana mereka beroperasi. Sebelum instalasi semua fitting harus diperiksa untuk memastikan permukaannya yang halus dan kemudian dilapisi dengan pelumas yang sesuai.

▪ Sambungan mur harus selalu dikencangkan dengan kunci momen (*torque-indicating wrenches*) untuk memastikan perapatan atau segel yang tepat. Pengencangan berlebihan (*overtorquing*) dari mur ini dapat sangat merusak rakitan pipa. Demikian juga, pengencangan mur yang terlalu rendah (*under-torquing*) dapat memungkinkan jalur tertiup ke luar dari sambungan atau bocor di bawah pengaruh tekanan.

▪ Ketika pipa yang rusak ditemukan, solusi yang ideal adalah menggantikan bagian lengkap pipa. Bila hal ini tidak mungkin, penyokkan kecil, goresan kecil, dan takikkan kecil biasanya dapat diperbaiki, jika kerusakannya berada dalam batas yang ditentukan. Jika kerusakan pipa sangat luas atau melebihi batas perbaikan, maka sambatan atau sambungan pipa dapat diinstal sebagai tindakan perbaikan sementara.

BAGIAN B – SELANG (*HOSE*)

Selang, saluran fleksibel, digunakan pada pemipaan pesawat setiap kali komponen yang terhubung harus bebas bergerak, atau di mana pun jika getaran ekstrim merupakan masalah. Bagian ini berkaitan dengan berbagai jenis selang yang berbeda yang digunakan pada pesawat, bahan di mana mereka dibuat, dan metode fabrikasi atau pembuatan rakitan selang. Juga dijelaskan adalah metode yang tepat instalasi selang dan persyaratan untuk menyimpan berbagai jenis selang. Rakitan selang digunakan untuk menyalurkan udara, bahan bakar, oli mesin, cairan hidraulik, air, dan zat antibeku. Kemampuan tekanan selang berkisar dari tekanan vakum ditemukan di beberapa jalur instrumen untuk beberapa perseribuan psi ditemukan di beberapa sistem hidraulik. Rakitan selang, bagaimanapun, tidak pernah digunakan dalam sistem oksigen pesawat.

- **Jenis Jenis Selang**

Selang Pesawat ini terdiri dari dua atau lebih bahan lapisan yang berbeda. Lapisan dalam, atau disebut *liner*, adalah pipa non-logam yang kedap terhadap kebocoran terbuat dari salah satu baik karet sintetis maupun teflon. Liner diperkuat terhadap pembengkakan atau meledak oleh satu atau lebih jalinan lapisan luar yang mengelilinginya. Jenis dan jumlah lapisan anyaman tergantung pada berbagai rentang tekanan kerja yang diinginkan dari rakitan selang. Dua bahan yang digunakan sebagai liner dalam untuk selang fleksibel adalah karet sintetis dan teflon. Kedua bahan dan kegunaannya dibahas dalam paragraf berikut.

<u>Selang karet</u>. Liner dalam selang karet yang digunakan dalam sistem pemipaan pesawat terbuat dari karet sintetis. Berbagai senyawa karet yang digunakan untuk liners dalam ini. Setiap senyawa menyediakan selang dengan beberapa kemampuan khusus, seperti kegunaan dengan cairan atau kemampuan beroperasi dalam rentang suhu tertentu. Penutup luar selang karet terbuat baik dari kain atau karet.

Selang karet digunakan dalam sistem pipa pesawat hanya dalam bentuk rakitan. Sebuah perakitan dibentuk dengan memasangkan sambungan ujung logam pada setiap ujung dari sebagian besar selang.

Selang Teflon. Teflon adalah nama terdaftar untuk tetrafluoroethylene, yang merupakan resin sintetis. Selang Teflon memiliki pipa dalam kedap bocor fleksibel, diperkuat di luar dengan satu atau lebih lapisan jalinan stainless steel. Teflon linear adalah kimia inert untuk semua bahan bakar, minyak, alkohol, air, asam, dan gas. Linear dapat menahan suhu fluida mulai dari -100 F ke 500 F (-73 C to +260 C). Seperti selang karet, selang teflon digunakan dalam sistem pipa pesawat hanya sebagai rakitan.

- **Kemampuan Tekan**

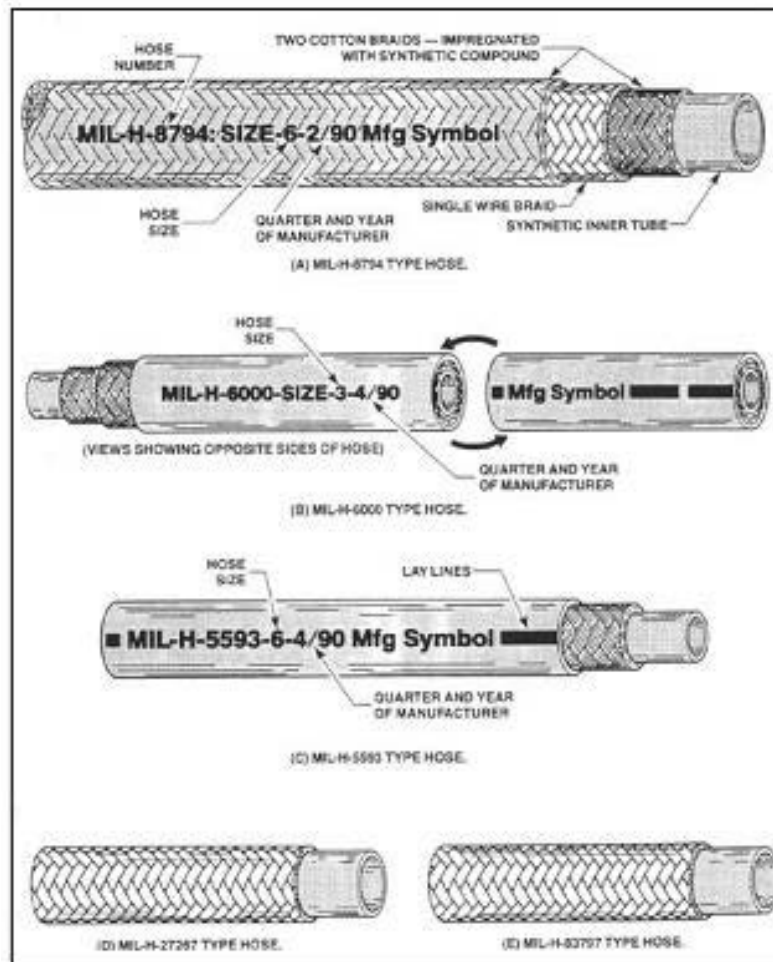
Jenis bahan dan jumlah lapisan yang digunakan sebagai penguat anyaman menentukan kisaran tekanan dari selang. Kedua klasifikasi rentang tekanan selang pesawat adalah tekanan menengahdan tekanan tinggi.

Tekanan Medium. Kisaran tekanan menengah mencakup tekanan operasi 1.500 psi dan di bawahnya.

Tekanan Tinggi. Selang tekanan tinggi dirancang untuk sistem tekanan kerja sampai dengan tetapi tidak melebihi 3.000 psi.

- **Penandaan Selang**

Selang Pesawat dan rakitan selang dapat dengan mudah diidentifikasi oleh tanda-tanda ditemukan baik tercetak sepanjang selang atau dicantumkan pada sabuk metal ditempel. Tanda-tanda ini termasuk tanggal pembuatan atau fabrikasi, ukuran, jumlah spesifikasi, dan tanggal uji tekanan, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2-14.

Gambar 4.21 Penandaan Selang (*Hose Markings*).

Gambar 4.22 Tanda pengenal selang.

Penandaan pada Selang Karet. Selang karet sebagian besar memiliki tanda tinta atau cat di sampul luarnya untuk identifikasi. Informasi yang diberikan oleh tanda-tanda ini termasuk identitas produsen, tanggal dibuat, ukuran, dan nomor spesifikasi. Informasi ini mencakup kemampuan tekan selang, keterbatasan temperatur, dan cairan yang dapat digunakan. Pada beberapa selang, strip tidur memberikan metode yang mudah untuk menentukan jika sebuah selang yang terpasang terpelintir.

Untuk mengidentifikasi rakitan selang karet bidang-fabrikasi, sabuk logam ditempatkan di sekitar selang untuk mengidentifikasi jumlah stok nasional dan federal dari rakitan dan untuk memberikan tekanan operasi dan tanggal uji tekanan (untuk versi militer di Amerika).

Penandaan pada Selang Teflon. Selang teflon sebagian besar diidentifikasi oleh sabuk-sabuk berwarna kuningan berjarak pada interval 3 kaki ditandai dengan nomor spesifikasi dan nomor kode produsen.

Rakitan selang teflon yang dibuat perusahaan diidentifikasi oleh sabuk-sabuk logam yang terpasang secara permanen ditandai dengan spesifikasi militer, tekanan operasi dalam PSI, nomor bagian perakitan, tanggal tes kebocoran, dan nomor kode produsen selang.

Rakitan selang teflon yang diproduksi oleh pabrik lokal diidentifikasi oleh sabuk atau *band* aluminium. Tanda-tanda pada band dapat dicap, dietsa atau di goreskan, dan diukir, untuk menyertakan jumlah stok federal atau nasional dari rakitan selang, nomor bagian, nomor bagian produsen atau kode depot, tekanan operasi, dan tanggal uji tekanan.

- **Ukuran Selang**

Ukuran selang dinyatakan jumlah strip. Ia mengacu mengacu pada diameter dalam (Inside Diameter = ID) selang dan dinyatakan dalam per-enambelasan inci, misalnya, -2 adalah 2/16 inci, -3 adalah 3/16 inci, -4 adalah 4/16.

Setiap kali selang digunakan dalam hubungannya dengan pipa, baik selang dan tabung harus sama ukurannya. Sebagai contoh, jika ukuran pipa adalah 1/4 inch diameter luar OD, maka harus menggunakan selang -4 (4/16).

- **Penyebab Penggantian Selang**

Penggantian rakitan selang karet harus dilakukan pada interval pemeriksaan yang telah ditentukan dalam manual perawatan pesawat yang berlaku. Selang Teflon tidak memburuk sebagai akibat dari usia, sehingga penggantian periodik tidak diperlukan. Namun, baik rakitan selang karet maupun teflon tunduk pada kerusakan (bisa menjadi rusak) selama operasi, sehingga harus diadakan penggantian saluran.

Dalam setiap kasus, penggantian rakitan selang harus menduplikasi panjang selang asli, diameter luar (*OD*) asli, diameter dalam (*ID*) asli , dan kontur asli, kecuali jika saluran harus dialihkan untuk alasan seperti yang ditentukan dalam ayat yang membahas rute jalur di bagian awal pelajaran ini.

Selang karet. Bukti kerusakan rakitan selang karet adalah penyebab mendesak untuk penggantian selang. Contoh kerusakan tersebut adalah pemisahan atau mengelupasnya penutup karet atau anyaman liner, retak, pengerasan, dan kurangnya fleksibilitas.

Jenis lain dari kerusakan selang karet yang menyebabkan untuk segera diadakan penggantian:

- Aliran dingin – tapak atau jejak permanen yang dalam atau retak yang dihasilkan oleh tekanan klem selang.
- Cek hawa - kerusakan akibat hawa atau temperatur yang cukup dalam atau cukup lebar untuk menelanjangi atau merusak anyaman kain.
- Kawat-kawat putus - dua atau lebih kawat rusak per anyaman, enam atau lebih kawat-kawat rusak pada setiak satu kaki panjang, atau beberapa kawat rusak dalam posisi atau pengaruh puntiran. (Untuk tekanan 500 psi dan lebih)

Selang Teflon. Rakitan selang teflon yang dipasang harus diperiksa untuk bukti kerusakan akibat kelelahan kawat atau gesekan pada periode yang ditentukan dalam

manual pemeriksaan pesawat atau maintenance manual yang berlaku. Penggantian saluran-saluran ini harus dilakukan ketika salah satu dari kondisi berikut ini ditemukan:

- Bocor, jika terjadi kebocoran statis melebihi satu tetes per jam.
- Kerusakan kawat berlebihan, jika terjadi dua atau lebih kawat rusak dalam setiap anyaman tunggal, lebih dari enam kawat rusak pada setiap satu kaki panjang selang, atau setiap kawat rusak dalam posisi di mana selang terkena puntiran.
- Distorsi atau penyimpangan, kejadian terkikis atau abrasi, selang terpuntir (*kinking*), selang menyembul atau melotot (*bulging*), atau bengkokkan tajam.

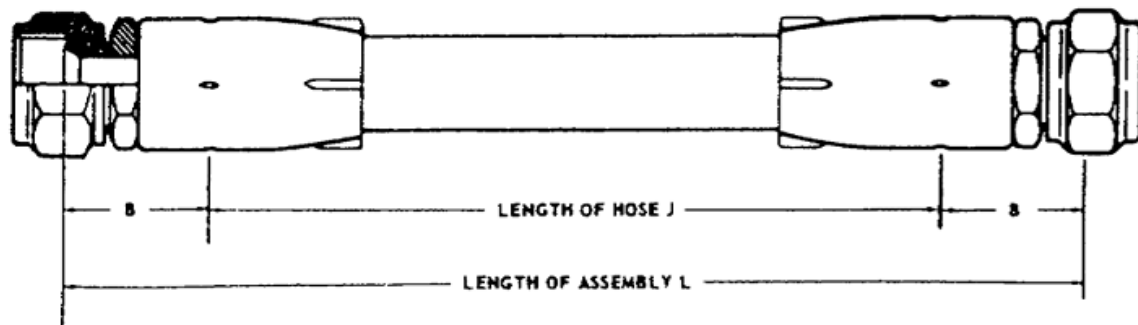
- **Pembuatan Rakitan Selang**

Rakitan selang, untuk sebagian besar komponen, tersedia melalui saluran pasokan sebagai bagian yang dibuat oleh pabrik. Untuk manfaat di lapangan atau ketika rakitan yang diperlukan tidak tersedia mereka dapat dibuat di lapangan sesuai dengan spesifikasi dan prosedur berikut.

Pembuatan atau Fabrikasi Rakitan Selang Karet Tekanan Sedang. Rakitan selang karet tekanan menengah atau sedang dibuat dari selang yang sebagian besar sesuai dengan spesifikasi militer MIL-H-8794 dan alat-alat sambungan atau fitting dibuat kelengkapan sesuai dengan MS 28740 bagi standar militer. Sebelum proses perakitan dan sebelum pemotongan, adakan pemeriksaan visual sekat selang untuk setiap pemotongan, tanda-tanda, jahitan, dan grafit yang berlebihan. Periksa fitting untuk mutilasi pada daerah-daerah berulir, takikkan, distorsi, goresan, atau kerusakan lainnya pada permukaan dudukan sil atau segel kerucut, atau pada akhir yang dapat mempengaruhi ketahanan korosi fitting.

CAUTION: DO NOT INTERMIX THE SOCKET AND NIPPLE FROM ONE MANUFACTURER WITH THOSE OF ANOTHER. ALL FITTINGS ARE MARKED WITH THE MANUFACTURER'S SYMBOL.

PERHATIAN: JANGAN SALING MENCAMPUR-ADUKAN SOCKET DAN NIPEL DARI SATU PABRIK DENGAN PABRIK LAINNYA. SEMUA SAMBUNGAN ATAU FITTING TELAH DITANDAI DENGAN SIMBOL DARI PERUSAHAAN.

Setelah selang dan fitting diperiksa, tentukan panjang yang benar dari selang yang diperlukan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4-23 berikut. Potong selang tepat, menggunakan gergaji besi bergigi halus, kemudian menggunakan udara bertekanan, bersihkan selang untuk menghapus atau menghilangkan semua residu atau sisa pemotongan.

NOTE:
1. TO MAKE HOSE ASSEMBLY OF LENGTH L, SELECT HOSE CUT-OFF FACTOR B FOR EACH HOSE END FROM THE TABLE ABOVE. ADD THE TWO FACTORS TOGETHER AND SUBTRACT THIS TOTAL FROM L. THE RESULT IS THE LENGTH OF HOSE J REQUIRED TO MAKE THE DESIRED HOSE ASSEMBLY.
NOTE: LENGTH L IS MEASURED FROM THE FACE OF THE FITTING SEATING SURFACE. (SEE CUTAWAY VIEW.)
2. ALL DIMENSIONS IN INCHES.

Gambar 4.23 Penentuan Panjang Selang yang Benar.

Perakitan selang dan fitting diilustrasikan pada Gambar 2.16 dan diuraikan dalam langkah-langkah berikut:

- Tempatkan soket pada catok atau ragum dan sekruplah selang ke dalam soket dengan arah berlawanan sampai alasnya keluar, kemudian mundur selang 1/4 putaran. PERHATIAN: JANGAN MENGENCANGKAN BERLEBIHAN CATOK PADA SOCKET BERDINDING TIPIS DARI FITTING RINGAN ATAU KECIL.
- Kencangkan nipel dan mur pada alat perakitan yang sesuai.
- Lumasi ulir nipel dan bagian dalam selang yang bebas, menggunakan minyak motor ringan atau cairan hidraulik, MIL-H-5605 atau MIL-H-83282.
- Sekrupkan nipel ke dalam soket dan selang menggunakan kunci pas pada mur segi-enam nipel. Mur harus bisa berputar bebas ketika alat perakitan dilepas.

Setelah proses fabrikasi selesai, periksa rakitan selang eksternal terhadap luka atau tonjolan dari liner bagian dalam. Langkah terakhir dari proses fabrikasi selang adalah menguji terhadap bocoran rakitan selang untuk memastikan kemampuan tekannya. Langkah ini dibahas dalam paragraf pengujian rakitan selang.

Fabrikasi Rakitan Selang Karet Tekanan Tinggi. Rakitan selang karet tekanan tinggi MS 28759 MS 28762, adalah dibuat dari selang penyekat tekanan tinggi sesuai dengan spesifikasi militer MIL-H-8788 atau MIL-H-8790, dan fitting sesuai dengan standar militer MS 28760 atau MS 28761.

Teknik fabrikasi dan alat untuk perakitan selang tekanan tinggi adalah sama dengan yang dijelaskan untuk pembuatan rakitan selang tekanan sedang atau menengah.

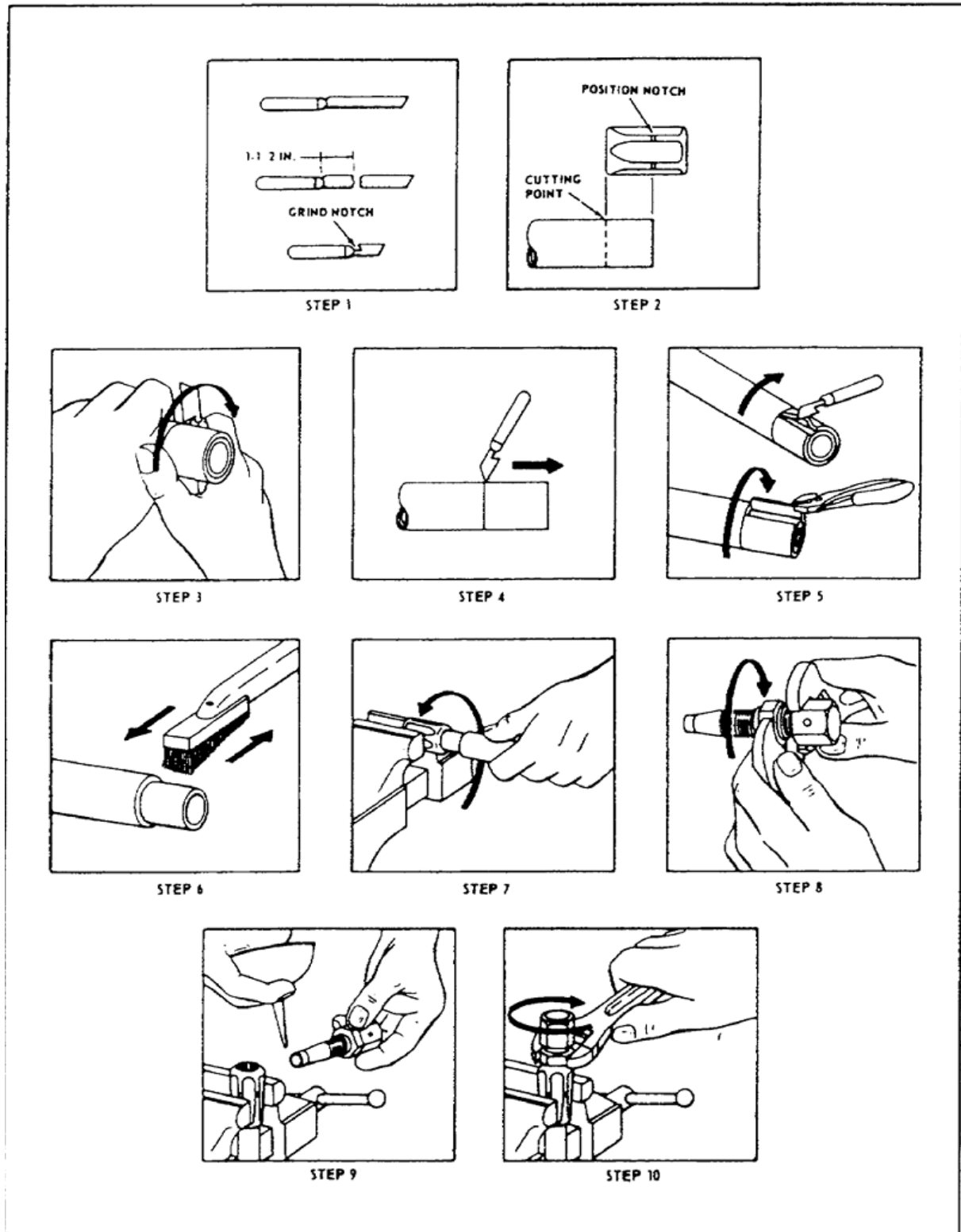
PERHATIAN: JANGAN MENGGUNAKAN ULANG SELANG TEKANAN TINGGI ATAU FITTING TEKANAN TINGGI. JUGA, JANGAN PERNAH MEMASANG ULANG FITTING PADA AREA YANG SAMA DENGAN DI MANA MEREKA PERTAMA DIPASANG. JIKA KESALAHAN DIBUAT SELAMA PERAKITAN, POTONGLAH MENJAUH AREA LAMA ATAU GUNAKAN PANJANG BARU SELANG DAN PASANG ULANG FITTING.

Fabrikasi Rakitan Selang Teflon Tekanan Menengah. Rakitan selang teflon tekanan sedang atau menengah diproduksi dengan kebutuhan spesifikasi militer MIL-H-25579 dari selang penyekat sesuai dengan spesifikasi militer MIL-H-27267 dan ujung fitting sesuai dengan spesifikasi militer MIL-F-27272.

Semua rakitan selang teflon yang dibuat di lapangan harus diidentifikasi oleh aluminium paduan, NSN 9535-00-232-7600.

Komposisi dan dimensi tanda ini ditemukan pada bab 4 dari TM 1-1520-204-23-2. Tag ditandai untuk menunjukkan jumlah persediaan atau nomor bagian federal atau nasional, depot atau kode unit, tekanan operasi, dan tanggal uji tekanan.

Langkah-langkah yang harus diikuti ketika fabrikasi rakitan selang ini dijelaskan dalam TM 1-1500-204-23-2.

Fabrikasi Rakitan Selang Teflon Tekanan Tinggi. Rakitan selang teflon tekanan tinggi dibuat dari selang penyekat sesuai dengan MIL-H-83298 dan ujung fitting sesuai dengan MIL-H-83296.

Gambar 4.24 Perakitan Selang dan Ujung Fitting

Pengujian Rakitan Selang

Sebelum instalasi, semua rakitan selang yang dibuat di lapangan harus telah melalui uji tekanan. Hal ini berlaku terlepas dari apakah mereka hanya dibuat atau yang sebelumnya telah diuji, dan ditempatkan dalam penyimpanan. Semua rakitan

buatan pabrik atau depot harus melalui uji tekanan sebelum instalasi.

Rakitan selang yang akan digunakan dalam sistem hidraulik, pneumatik, bahan bakar, minyak, atau pendingin diuji pada unit uji hidrostatik diisi dengan cairan hidraulik sesuai dengan spesifikasi militer MIL-H-5606, MIL-H-83282, atau MIL-H-6083; minyak pelumas sesuai dengan spesifikasi MIL-H-6082 militer, atau air. Rakitan selang yang akan digunakan dalam sistem instrumen diuji dengan menggunakan udara kering bebas minyak, atau nitrogen, spesifikasi federal yang 1313-N-411, grade A, tipe 1.

Langkah-langkah yang tercakup dalam proses pengujian dijelaskan secara rinci di TM 1-1500-204-23-2.

- **Pemasangan Rakitan Selang**

Selama operasi, rakitan selang berubah panjang dari +2 persen menjadi -4 persen karena tekanan. Untuk mengatasi hal ini, kendorkan setara dengan sedikitnya lima persen dari panjang selang yang harus diperbolehkan untuk pemuaian atau ekspansi dan penyusutan. Penyisihan lima persen harus disediakan selama pemotongan dan fabrikasi. Selain panjang selang, perawatan harus dilakukan untuk tidak memutar selang atau melebihi radius tikungan yang diperbolehkan. Dudukan dan cantolan (*grommet*) harus digunakan, fitting dilumasi, dan perlindungan terhadap suhu harus disediakan. Masing-masing dibahas dalam paragraf berikut dan diilustrasikan pada Gambar 4-26.

Selang terpuntir. Kebanyakan selang ditandai dengan garis utuh memanjang (garis berbaring) untuk memudahkan dalam mendeteksi setiap tikungan saluran selama instalasi. Sebuah selang terpuntir cenderung tak terpuntir bila diberi tekanan yang meyebabkan ujung fitting menjadi kendur atau bergeser. Untuk menghindari rakitan selang terpuntir saat menghubungkan ujung kedua, gunakan dua kunci pas: satu untuk memegang fitting stasioner dan lainnya untuk memutar mur putar.

Radius Bengkokkan. Selang, seperti halnya pipa kaku, memiliki batas untuk daerah bengkokannya (bend allowance). Membengkok melebihi batas yang diperbolehkan merupakan awan kegagalan dari rakitan selang. Jari-jari tikungan paling tajam yang diperbolehkan untuk selang disebut sebagai jari-jari tikungan minimum untuk selang itu. Radius tikungan ini diukur dalam cara yang sama seperti jari-jari tikungan minimum pipa kaku seperti yang dijelaskan dalam paragraf pelajaran ini berjudul "jalur saluran" ("*routing of lines*").

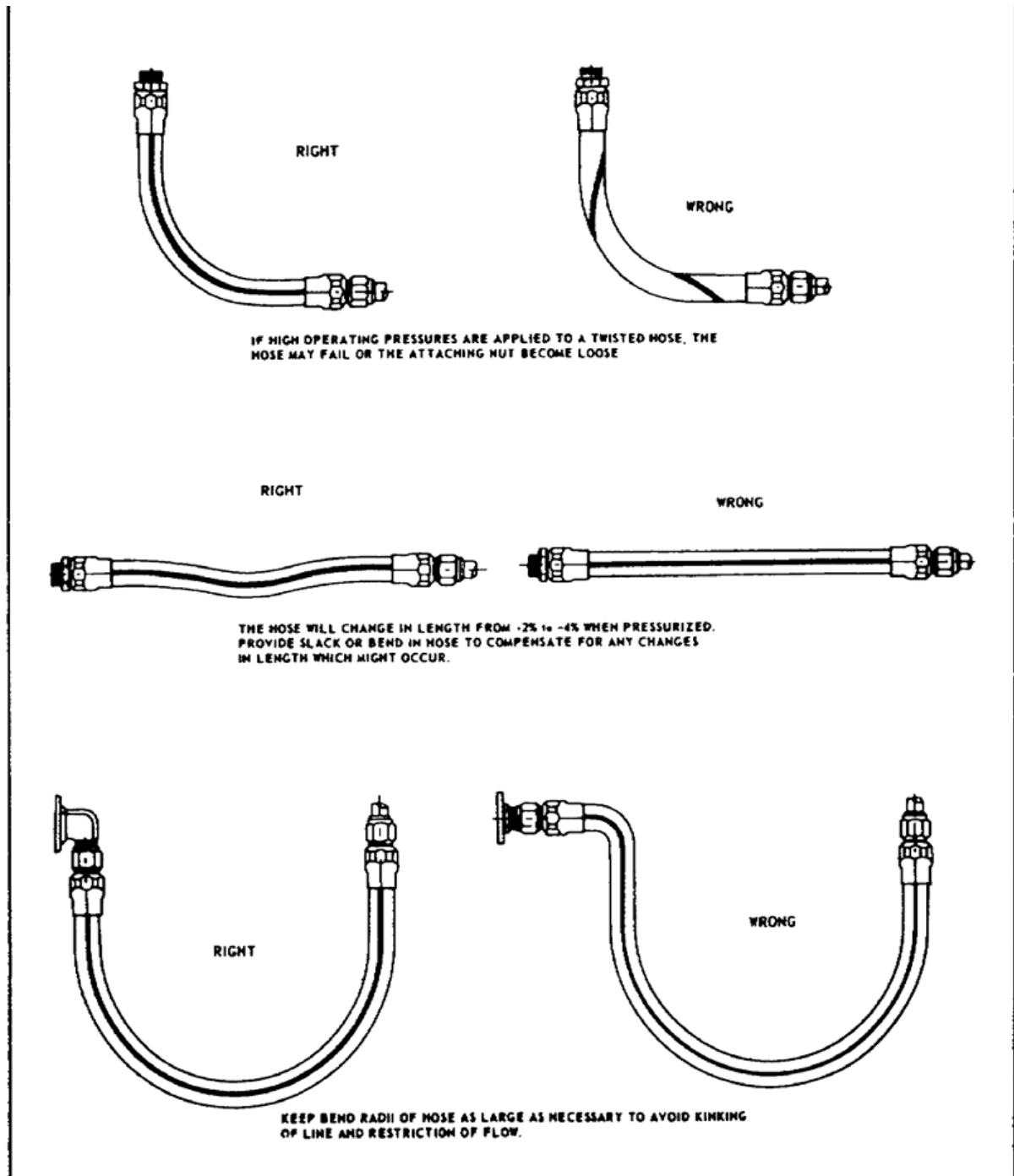
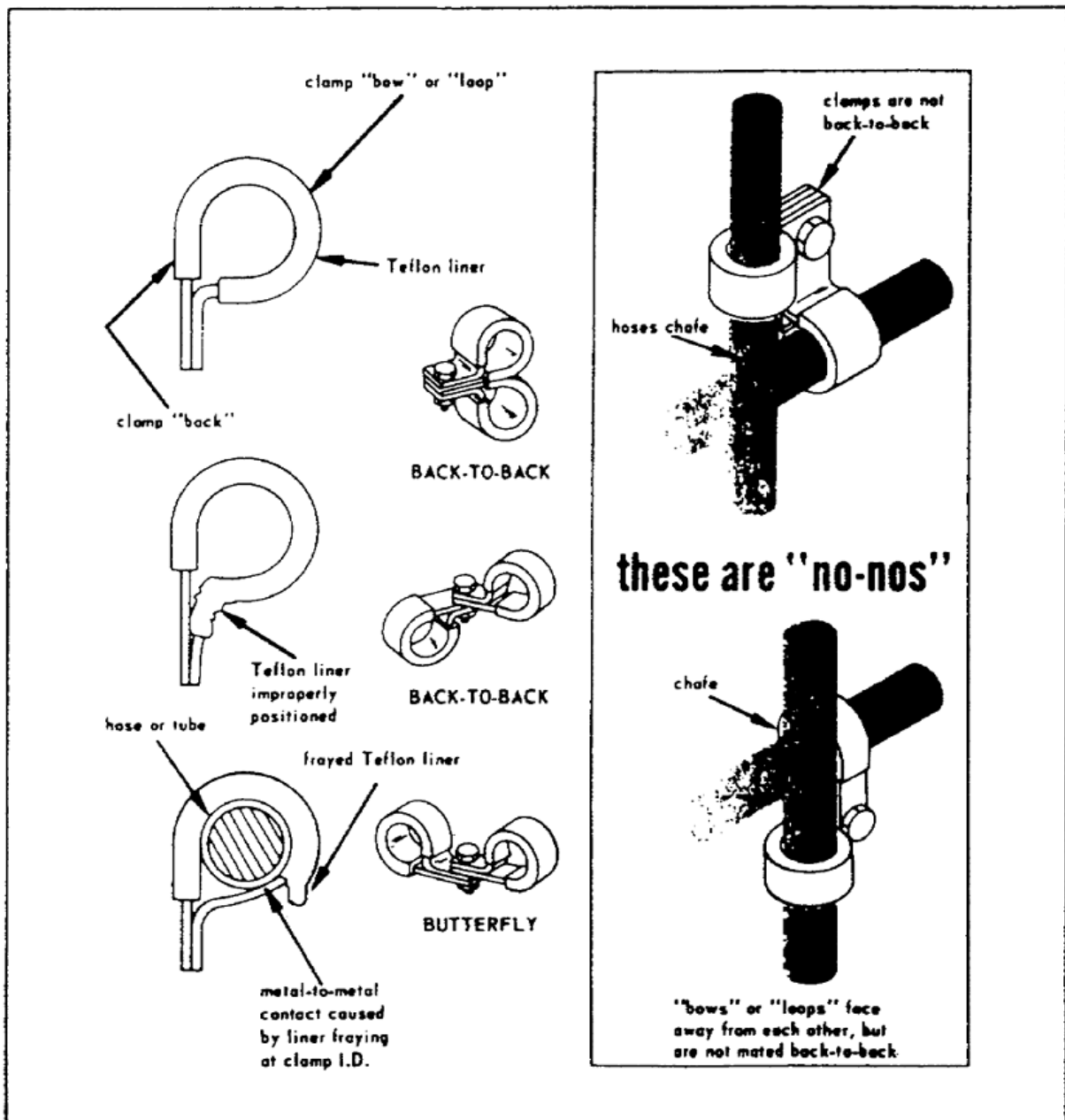
Pendukung dan *Grommets*. Selang Teflon membutuhkan berbagai jenis dukungan daripada yang digunakan untuk selang karet. Namun, prinsip-prinsip berikut yang di gunakan mendukung berlaku untuk selang karet dan selang teflon. Selang harus didukung sepanjang selang dengan interval 24 inci atau kurang, tergantung pada ukuran dari selang. Penopang ini, yang ditunjukkan pada Gambar 4-25, harus dipasang sedemikian rupa sehingga tidak menyebabkan mereka defleksi seperti setiap saluran kaku di mana mereka terhubung.

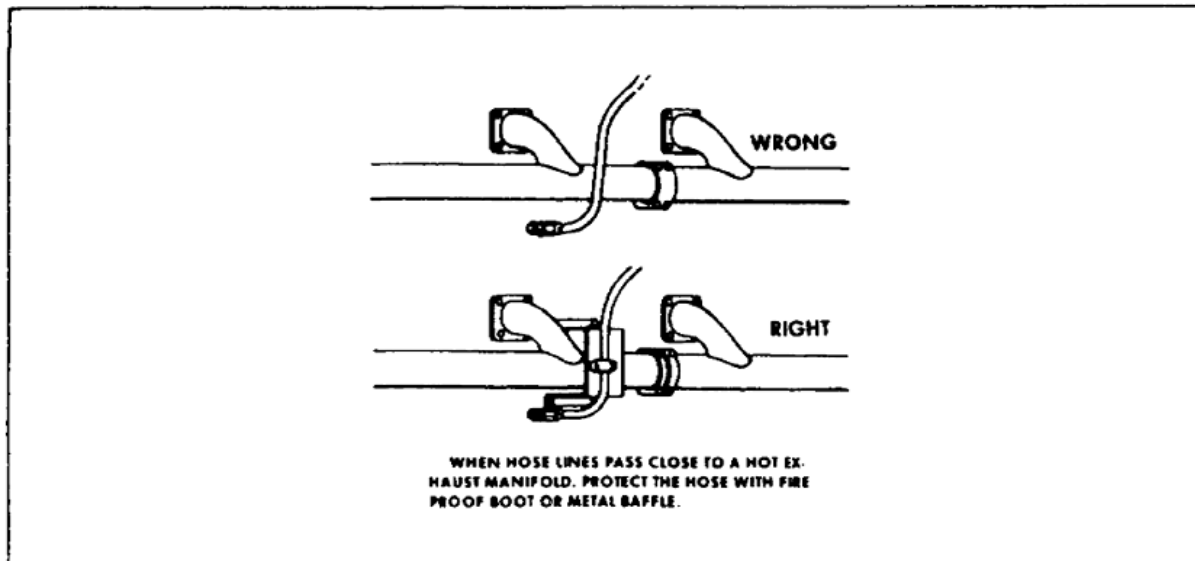
Ketika selang terhubung ke mesin dengan penjepit selang, penopang harus

ditempatkan sekitar tiga inci dari sambungan, dan setidaknya 1-1/2 inci selang kendor disediakan antara koneksi dan mesin, untuk menjaga getaran dan torsi yang bisa merusak sambungan.

Ketika selang melewati sekat, cicncin pelindung (*grommet*) harus dipasang di lubang sekat untuk memberikan dukungan pada selang dan untuk mencegah gesekan. Sebagai alternatif, penjepit bantalan dapat digunakan pada lubang jika lubang cukup besar untuk menyediakan ruang yang memadai di sekitar selang.

Sebuah rakitan selang yang menghubungkan dua fitting dipasang secara kaku harus didukung dengan kuat tapi tidak secara kaku.

Pelumasan. Bagian-bagian yang terpuntir dan pasangan permukaan dari rakitan selang harus dilumasi sebelum instalasi. Hal ini menjamin tempat atau dudukan yang efektif dan pengencangan bagian komponen. Minyak atau air dapat digunakan pada semua, jenis bahan bakar, minyak, dan selang pendingin ketika instalasi dibuat kecuali selang perapat mandiri (*self-sealing hose*) yang tidak boleh dilumasi saat instalasi. Namun, hanya minyak atau cairan operasional dari sistem yang harus digunakan pada selang hidraulik dan pneumatik.

Gambar 4.25 Sambungan Rakitan Selang

Gambar 4.26 Penopang Selang

Perlindungan terhadap Suhu. Selang harus dilindungi dari suhu tinggi seperti ledakan knalpot dan bagian mesin yang panas. Di daerah ini selang harus dilindungi dengan baik atau dipindahkan.Sebuah perisai untuk perlindungan suhu ditunjukkan pada Gambar 4-27.

Gambar 4.27 Perlindungan terhadap Temperatur Tinggi

- **Penyimpanan**

Penyimpanan dan penanganan selang pesawat dan rakitan selang yang tepat merupakan tanggung jawab dari semua kegiatan yang terlibat dalam perawatan pesawat. Selang pesawat dan komponen karet terkait harus disimpan di tempat yang gelap, sejuk dan kering terlindung dari paparan arus udara yang kuat dan kotoran debu. Penyimpanan selang karet dan segel juga harus dilindungi dari motor listrik atau peralatan lain yang memancarkan panas atau ozon. Selang dan komponen selang harus disimpan dalam kemasan asli dan dikeluarkan sehingga barang paling awal harus dikeluarkan paling awal juga (pertama).

Baik selang teflon atau selang karet memiliki batas umur simpan. Namun, sebelum instalasi semua rakitan selang harus diperiksa untuk memastikan servis dan diuji sesuai dengan prosedur yang tercantum dalam paragraf pengujian rakitan selang.

Selang Penyekat. Sebelum ditempatkan di gudang, ujung selang harus ditutup untuk mencegah kontaminasi kotoran dan mengembang (*flareout*). Penyimpanan dalam posisi lurus adalah cara yang lebih disukai, namun jika diperlukan melingkar, harus membentuk spiral besar yang longgar.

Perhatian: **Dalam situasi selang harus ditumpuk hingga ketinggian yang dapat mengakibatkan kerusakan pada bagian bawah. Peringatan ini berlaku untuk selang dalam karton serta selang yang tidak dipak (*unpackaged*).**

CAUTION: UNDER NO CIRCUMSTANCES MUST HOSE BE PILED TO A HEIGHT THAT CAN RESULT IN DAMAGE TO THE UNDER SECTIONS. THIS CAUTION APPLIES TO HOSE IN CARTONS AS WELL AS TO UNPACKAGED HOSE.

Rakitan selang. Ujung semua rakitan selang harus ditutup selama penyimpanan

dengan sumbat pelindung polyethylene sesuai dengan National Aerospace Standard (NAS) 815 atau yang setara untuk mencegah kontaminasi.

4.3 Rangkuman Bagian-B

- Selang digunakan dalam pipa pesawat setiap kali komponen yang terhubung harus bebas bergerak atau setiap kali getaran ekstrim menjadi masalah.
- Selang Pesawat ini terdiri dari dua atau lebih lapisan bahan yang berbeda.
- Lapisan dalam, atau liner, adalah tabung non-logam kedap terhadap kebocoran, terbuat dari karet sintetis atau teflon. 2
- Liner diperkuat terhadap pembengkakan atau peledakkan oleh satu atau lebih lapisan anyaman luar. Jenis dan jumlah lapisan anyaman tergantung pada rentang tekanan kerja yang dituju dari rakitan selang tersebut.
- Kemampuan tekanan rakitan selang dibagi menjadi dua kategori umum, yaitu: tekanan menengah dan tekanan tinggi. Rentang tekanan menengah meliputi tekanan operasi dari 1.500 psi dan di bawahnya. Selang tekanan tinggi ditujukan untuk sistem tekanan kerja sampai dengan tetapi tidak melebihi 3.000 psi.
- Selang Pesawat dan rakitan selang dapat dengan mudah diidentifikasi oleh tanda-tanda yang ditemukan baik tercetak sepanjang selang atau dicantumkan pada tempelan sabuk logam. Tanda-tanda ini termasuk tanggal pembuatan atau fabrikasi, ukuran, nomor spesifikasi militer, dan tanggal uji tekanan.
- Ukuran selang dinyatakan dalam per-enambelasan inci oleh sejumlah garis strip mengacu pada diameter dalam (ID) dari selang.
- Penggantian rakitan selang karet harus dilakukan pada interval pemeriksaan yang ditentukan dalam manual perawatan pesawat yang berlaku. Selang Teflon tidak memburuk sebagai akibat dari bertambahnya umur, sehingga penggantian periodik tidak diperlukan. Kedua rakitan selang karet dan rakitan selang teflon bisa menjadi rusak selama operasi sehingga tetap perlu dilakukan penggantian. Contoh kerusakan ini adalah: aliran dingin (*cold flow*), pemeriksaan hawa, kebocoran, atau kawat anyaman putus atau rusak melebihi batas yang ditentukan.
- Untuk sebagian besar, rakitan selang tersedia melalui saluran pemasok sebagai bagian dari pabrik pembuat. Untuk kemanfaatan, bagaimanapun, mereka dapat dibuat di lapangan sesuai dengan spesifikasi yang digariskan. Selang teflon tekanan tinggi tersedia dalam rakitan yang dibuat oleh pabrik saja. Fabrikasi di lapangan tidak berwenang dan tidak diperkenankan.
- Sebelum instalasi, semua rakitan selang yang dibuat di lapangan harus dilakukanuji tekanan; rakitan terlumas dari pabrik atau toko harus tetap dilakukan uji tekanan terlepas dari apakah mereka diuji pada saat pembuatan.
- Selama instalasi, perawatan harus dilakukan untuk memastikan jalur tidak terpuntir atau tidak terbengkok atau tidak bengkok melebihi batas yang ditentukan.
- Selang harus didukung di sepanjang selang dengan interval 24 inci atau kurang, tergantung pada ukuran selang.
- Bagian yang berputar dan permukaan yang berpasangan dari rakitan selang harus dilumasi sebelum instalasi untuk memastikan tempat dudukan yang efektif dari bagian komponen. Selang merapat mandiri (*self-sealing hose*) tidak boleh dilumasi.
- Selang Pesawat dan komponen karet harus disimpan di tempat yang gelap, sejuk

dan kering terlindung dari paparan arus udara yang kuat dan kotoran. Baik selang Teflon atau selang karet terbatas dalam umur, namun, sebelum instalasi semua rakitan selang dan segel harus diperiksa untuk memastikan pelayanannya (*serviceability*).

BAGIAN C - SIL DAN GASKET.

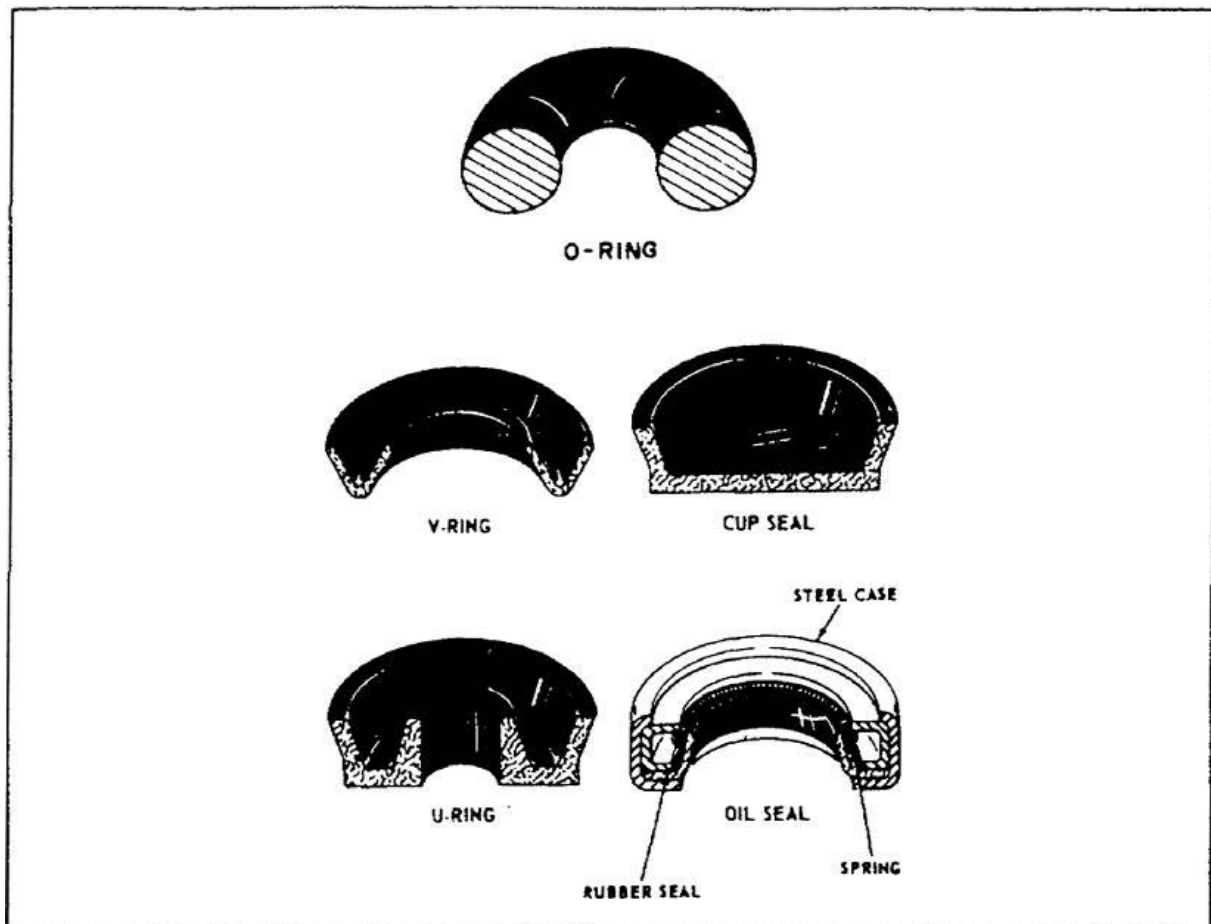
Sil (segel) dan gasket digunakan pada seluruh sistem pipa pesawat untuk mencegah kebocoran ketika dua komponen bergabung bersama-sama. Bahan di mana segel diproduksi bervariasi tergantung pada cairan atau gas yang dialirkan dan berbagai tingkat tekanan operasi dari sistem.

Penggunaan jenis yang tepat dari segel dan menjalankan perawatan selama instalasi adalah dua fase yang paling penting dari pemeliharaan pipa. Kurangnya perawatan selama fase pemeliharaan adalah salah satu penyebab yang paling sering dari terjadinya kegagalan atau kebocoran sistem. Pada bagian ini, jenis segel dan gasket yang digunakan dalam sistem pipa pesawat dibahas, dan kemampuan mereka, keuntungan, keterbatasan, dan prosedur instalasi disajikan.

Peringatan: Dalam situasi segel atau gasket harus digunakan kembali setelah mereka dilepas dari pemakaian, bahkan jika pelepasan mereka hanya insidental terkait dengan pembongkaran komponen.

CAUTION: UNDER NO CIRCUMSTANCES MUST SEALS OR GASKETS BE REUSED AFTER THEY HAVE BEEN REMOVED FROM SERVICE, EVEN IF THEIR REMOVAL WAS ONLY INCIDENTAL TO THE DISASSEMBLY OF A COMPONENT.

▪ Sil (Perapat)

Perapat atau kemasan yang digunakan dalam sistem hidraulik adalah dibuat dari karet, kulit, teflon, logam, atau kombinasi dari semua ini. Dua jenis karet, alami dan sintetis, digunakan untuk membuat perapat hidraulik, namun demikian hanya karet sintetis yang dapat digunakan dengan cairan hidraulik berbahan dasar mineral. Contoh beberapa dari berbagai jenis sil perapat yang digunakan dalam sistem pipa ditunjukkan pada Gambar 4-28 dan dibahas dalam paragraf berikut.

Gambar 4.28 Perapat yang digunakan pada sistem pipa

Ring-O. Ring-O adalah jenis yang paling umum digunakan untuk perapat hidraulik. Ia dirancang untuk mencegah bocoran akibat tekanan yang datang dari segala arah dan dapat digunakan di mana ada gerakan, baik gerak berputar atau gerakan lurus relatif antara bagian. Sebuah ring-O juga dapat digunakan antara bagian yang tak bergerak untuk menghilangkan bocoran seperti pada gabungan antara dua bagian. Ketika digunakan dengan cara ini ring-O disebut gasket ring-O.

Rings Backup (cincin cadangan). Jika tekanan untuk dipertahankan oleh ring-O melebihi 1.500 psi, cincin backup digunakan dalam alur bersama dengan cincin-O. Cincin Backup mencegah bahan cincin-O dari ekstrusi ke dalam celah jarak diantara permukaan yang disegel.

Ekstrusi cenderung menyebabkan bagian yang bergerak untuk terbalut, perapat cincin-O untuk gagal, dan partikel dari seal cincin-O untuk mencemari cairan. Cincin Backup juga dapat digunakan dengan sistem tekanan yang lebih rendah untuk memperbesar.

Umur ring-O. Ketika diinstal, cincin cadangan ditempatkan pada sisi cincin-O tidak dikenai tekanan. Dalam kasus di mana cincin-O dikenai tekanan pada kedua sisinya, dua cincin backup harus digunakan, satu di setiap sisi dari cincin-O.

Cincin-V. Penggunaan cincin-V agak terbatas dalam sistem hidraulik, namun demikian mereka digunakan dalam beberapa batang kejut (*struts shock*). Cincin-V bisa

menyegel hanya satu arah dan dapat digunakan untuk menutup permukaan terlepas dari apakah ada gerakan antara bagian.

Cincin-U. Mirip dengan cincin-V dalam desain dan fungsi, cincin-U digunakan untuk menyegel piston dan poros pada beberapa master silinder rem.

Perapat cangkir (*Cup seals*). Tipe lain dari perapat yang sering digunakan pada master silinder rem adalah cup seals. Mereka efektif dalam mengendalikan kebocoran hanya dalam satu arah, dan ketika dipasang bibir perapat harus menghadap ke cairan yang ditempati.

Perapat Minyak. Perapat campuran (*komposite seals*) yang terbuat dari dua bahan yaitu karet dan logam disebut perapat minyak, dan mereka digunakan sebagai perapat pompa hidraulik dan poros motor penggerak. Tubuh luar atau tempat luar mereka, terbuat dari baja tekan dan dipasang dengan ditekan ke rumah komponen. Di sebelah dalam tempat logam adalah sebuah perapat karet berbibir dan berpegas. Karet perapat dengan aman terpasang terhadap gerakan pada tempat logam, dan pegas mengelilingi bibir, memegang dengan kuat ke permukaan perapat dan sering disebut sebagai perapat Garloc (*Garloc Seal*). Selama instalasi, rumah harus bebas dari benda asing atau serpih, dan perapat harus didudukkan dengan tepat siku dengan menggunakan alat khusus yang tepat.

Sil Pengusap (*Wiper Seals*). Sil penggaruk (*scrapers*) atau sil penyeka (*wiper seals*) terbuat dari logam, kulit, atau kain tebal dari bulu (*felt*) dan digunakan untuk membersihkan dan melumasi bagian terbuka dari poros piston. Ketika diinstal dan beroperasi dengan benar, *wiper seal* mencegah kotoran memasuki sistem dan membantu dalam mencegah poros piston dari jilidan atau pengikatan (*binding*).

- **Memasang Perapat**

Sebelum digunakan, semua sil atau segel harus diuji untuk memastikan mereka terbuat dari bahan yang benar, dalam bentuk dan ukuran yang tepat, dan bebas dari goresan, retak, bintik-bintik kasar, atau cacat lainnya. Segera sebelum perakitan, bersihkan dan lumasi segel dan permukaan-permukaan yang bersinggungan dengan cairan operasional dari sistem.

Saat memasang segel, perawatan harus dilakukan sehingga mereka tidak diregangkan atau terdistorsi. Setiap puntiran atau tegangan pada segel dapat mengakibatkan kegagalan awal dan harus dicegah dengan pekerjaan secara halus memasukkan segel ke tempatnya.

- **Gasket**

Sebuah gasket adalah sepotong bahan yang ditempatkan di antara dua bagian di mana tidak ada gerakan. Gasket ini digunakan sebagai pengisi untuk mengkompensasi penyimpangan pada dua permukaan yang berpasangan dari kemungkinan kebocoran. Banyak bahan yang berbeda yang digunakan untuk membuat gasket. Untuk digunakan dalam sistem hidraulik gasket dapat dibuat dari kertas yang diolah khusus, karet sintetis, tembaga, atau aluminium.

O-Ring Gasket. Jenis yang paling umum dari gasket (paking) yang digunakan dalam sistem hidraulik pesawat adalah O-ring. Ketika digunakan sebagai paking O-ring memiliki keuntungan yang sama seperti ketika digunakan sebagai sil atau segel, seperti yang dijelaskan dalam paragraf sebelumnya.

Cincin ganjal yang hancur (*crush washer*). Yang kedua yang paling umum digunakan adalah gasket *crush washer*, yang digunakan dalam sistem hidraulik dan terbuat dari aluminium atau tembaga. Sambungan yang menggunakan cincin ganjal (*crush washer*) ini memiliki alur konsentris dan punggung yang menekan terhadap atau menghancurkan cincin ganjal. Alur dan punggung merapatkan washer dan sambungan sebagai bagian sambungan dikencangkan bersama-sama.

- **Pembuatan Gasket**

Beberapa jenis gasket dapat dibuat di lapangan asalkan sebagian besar bahan sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Ketika Anda memotong gasket pengganti dari bahan massal, pertimbangan yang paling penting adalah duplikasi yang tepat dari ketebalan paking asli.

- **Memasang Gasket**

Seperti sil atau segel, gasket harus diperiksa sebelum instalasi untuk memastikan pelayanannya (*serviceability*). Permukaan komponen yang akan dihubungkan harus benar-benar dibersihkan. Selama perakitan, perawatan harus dilakukan untuk tidak mengeritingkan atau memelintirkan gasket. Ketika mengencangkan komponen, gasket tidak harus dipadatkan ke dalam ulir di mana mereka dapat terpotong, rusak, atau memblokir pasangan permukaan yang menjadikan tidak rata.

- **Menyimpan Sil dan Gasket**

Sil dan gasket harus disimpan sesuai dengan spesifikasi yang sama seperti yang digariskan untuk selang dan rakitan selang dalam paragraf sebelumnya. Dengan cara review, spesifikasi tersebut mengharuskan sil dan gasket disimpan di tempat yang sejuk, gelap dan kering, mereka harus dilindungi dari kotoran, panas, arus kuat udara, kelembaban, produk minyak bumi, dan motor listrik atau peralatan yang mengeluaran ozon.

4.3 Rangkuman Bagian C

- Sil dan gasket yang digunakan pada sistem pipa pesawat untuk mencegah kebocoran ketika dua komponen digabungkan bersama-sama.
- Cairan yang dialirkan dan tekanan operasi dari sistem menentukan jenis *seal* atau gasket yang akan digunakan dan bahan yang harus digunakan dalam pembuatannya.
- Setelah segel atau gasket dilepas dari layanan maka mereka tidak boleh digunakan kembali dan harus diganti dengan yang baru, bahkan jika pelepasan

sifatnya insidental dan hanya terkait dengan pembongkaran komponen.

- Pada sistem hidraulik, digunakan sil (segel) yang terbuat dari bahan: karet, kulit, kain khusus berbulu halus (*felt*), gabus (*cork*), kertas, teflon, atau logam.
- Ring-O atau cincin-O adalah jenis sil atau perapat hidraulik yang paling banyak digunakan. Ia efektif dalam mengendalikan tekanan yang datang dari segala arah atau untuk digunakan di mana ada gerakan baik linier maupun gerakan putar.
- Cincin cadangan atau (*Backup Ring*) digunakan dengan cincin-O sebagai sarana untuk mencegah ekstrusi ring-O, memperpanjang umur ring-O, atau jika tekanan pada sistem melebihi 1.500 psi.
- Jenis lain dari segel yang digunakan dalam sistem hidraulik adalah: cincin-V, cincin-U, sil cangkir (*cup seals*), perapat atau segel minyak (*oil seals*), dan sil atau segel penyeka (*wiper seals*). Ini adalah segel khusus, digunakan untuk menampung cairan atau mencegah kebocoran dalam berbagai komponen sistem pipa pesawat.
- Semua segel harus diperiksa untuk servis sebelum instalasi, dan kehati-hatian harus dilakukan untuk tidak merusak mereka selama perakitan.
- Perapat atau sil atau segel yang ditempatkan di antara dua komponen di mana tidak ada gerakan relatif disebut paking. Fungsinya adalah untuk mengkompensasi penyimpangan pada dua permukaan yang berpasangan untuk mencegah kebocoran.
- Cincin ganjal yang menghancurkan (*crush washers*) dan gasket cincin-O adalah jenis yang paling umum dari gasket yang digunakan dalam sistem hidraulik pesawat. Jika gasket dibuat di lapangan atau di bengkel, pastikan bahwa ketebalan yang tepat dari gasket asli diduplikasi .
- Gasket, seperti halnya segel, harus diuji sebelum instalasi untuk memastikan pelayanan mereka. Selama perakitan, jangan memberikan gaya tekan puntiran atau torsi yang nilainya melebihi nilai torsi yang direkomendasikan untuk komponen. Pengencangan yang berlebihan (*overtightening*) cenderung mengeritingkan gasket atau mengkompres masuk ke dalam ulir komponen, dan karenanya bisa merusak segel.
- Bila disimpan, segel dan gasket harus dilindungi dari panas yang berlebihan, kelembaban, aliran udara, kotoran, produk minyak bumi, dan peralatan yang memancarkan ozon.

4.4 Tes Formatif 4

Item berikut akan menguji pemahaman anda tentang materi yang dibahas dalam pelajaran ini . Hanya ada satu jawaban yang benar untuk setiap item . Bila Anda telah menyelesaikan latihan , cocokkan jawaban Anda dengan kunci jawaban yang berikut. Jika Anda menjawab item apapun salah, pelajari lagi pelajaran yang berisi bagian yang terkait .

1. Berapa banyak jenis sistem kode identifikasi yang digunakan untuk mengidentifikasi rakitan tabung ?

   A. One
   B. Dua
   C. Tiga
   D. Empat

2. Apa aplikasi tekanan koneksi manik-manik yang digunakan untuk ?

   A. tekanan rendah
   B. Tekanan Medium
   C. Tekanan Tinggi
   D. tekanan Ekstrim tinggi

3. Berapa banyak metode yang ditentukan membersihkan pipa yang ada?

   A. One
   B. Dua
   C. Tiga
   D. Empat

4. Dibandingkan dengan diameter tabung , yang dari persentase berikut mewakili kedalaman penyok yang tidak dapat diterima ?

   A. 5
   B. 10
   C. 15
   D. 25

5. Yang merupakan persentase yang tidak dapat diterima kedalaman untuk nick pada perakitan tabung yang membawa kurang dari 100 psi ?

   A. 5
   B. 10
   C. 15
   D. 25

6. Apa jenis bahan yang digunakan dalam sistem tekanan tinggi oksigen ?

   A. tubing aluminium
   B. Copper tubing
   C. Stainless pipa baja
   D. Tekanan tinggi selang teflon

7. Ketika menginstall perakitan tabung di pesawat terbang , Anda harus kencangkan mur pas ketika sistem di ....

   A. 0 psi
   B. 500 psi
   C. 750 psi
   D. 1.000 psi

8. Berapa banyak jenis segel atau kemasan yang digunakan dalam sistem hidraulik ?

   A. Dua
   B. Tiga
   C. Empat
   D. Tujuh

9. Kapan segel digunakan kembali setelah mereka telah dihapus dari layanan ?

   A. Setelah pemeriksaan bila tidak ada cacat yang ditemukan
   B. Ketika Anda diberitahu oleh otoritas yang lebih tinggi
   C. Dalam keadaan darurat
   D. Jangan

10. Ketika memotong gasket dari bahan massal , berapa banyak waktu luang yang Anda diperbolehkan untuk menggunakan antara ketebalan bahan massal dan gasket asli ?

    A. Tidak ada
    B. ± 2 persen
    C. ± 3 persen
    D. ± 5 persen

E. Kunci Jawaban Tes Formatif 4:

Item	Jawaban Benar dan Umpan Balik	
1.	B. Dua	Kedua jenis sistem kode identifikasi adalah sistem ikat warna solid (*solid color band system*) dan sistem pita (*tape system*).
2.	A. Tekanan rendah	Hubungan bermanik-manik tidak dibangun untuk dapat diandalkan pada sistem tekanan tinggi. Ini harus digunakan hanya dalam sistem yang bertanda tekanan rendah.
3.	C. Tiga	Ada tiga metode pembersihan pipa menurut seri TM 1-1500-204 -23: metode pembersihan dengan uap, metode naptha, dan metode pembersih alkali menghambat panas. Selalu periksa manual teknis untuk penggunaan yang tepat.
4.	D. 25	Setiap lekuk yang melebihi 20 persen dari diameter tabung akan menyebabkan konstruksi pada tabung menghasilkan pengurangan perjalanan cairan atu aliran melalui saluran.
5.	D. 25	Kriteria untuk pipa yang membawa kurang dari 100 psi adalah tidak penting. Pipa ini biasanya hanya untuk saluran balik atau penguras.
6.	B. Pipa Tembaga.	Pipa Tembaga digunakan dalam sistem oksigen karena merupakan logam bukan besi (*nonferrous*) dan tidak akan menimbulkan percikan bunga api ketika kunci digunakan atau diterapkan untuk setiap penyambungan.
7.	A. 0 psi	Anda tidak harus mengencangkan pas di bawah tekanan karena tekanan menyebabkan resistensi yang menghasilkan kondisi tekanan rendak (undertorqued).
8.	D. Tujuh	Jenis-jenis segel atau kemasan adalah ring-O, cincin cadangan (*backup-ring*), cincin-V, cincin-U, perapat-cangkir (*cup seals*), segel minyak , dan segel wiper . Masing-masing memiliki tujuan khusus.
9.	D. Jangan pernah	Segel atau gasket harus tidak pernah digunakan kembali setelah dilepas karena kemungkinan mereka menjadi rusak selama pelepasan. Setelah rusak, mereka tidak dapat melayani tujuan awal.
10.	A. Tidak ada	Ketika Anda memotong gasket pengganti dari bahan massal , pertimbangan utama adalah duplikasi yang tepat dari ketebalan paking asli karena mendekati toleransi mesin dari komponen.

5 Kegiatan Belajar 5 Pemeriksaan & Perawatan Sistem

5.1 Tujuan Pembelajaran

Setelah menyelesaikan pembelajaran ini, diharapkan Siswa dapat:

(1) Mengidentifikasi gejala kerusakan sistem hidraulik pesawat udara.

(2) Menentukan letak kebocoran pada sisitem hidraulik pesawat udara.

(3) Menerapkan metode untuk mengidentifikasi adanya kebocoran sistem.

(4) Melakukan pemeriksaan kebocoran pada sistem hidraulik dengan baik dan benar tanpa bantuan teman.

(5) Melakukan perbaikan ringan pada sistem hidraulik dengan bantuan buku petunjuk dari pabrik pembuat.

(6) Melakukan penggantian komponen sistem hidraulik baik secara mandiri ataupun dalam suatu tim.

(7) Memperbaiki instalasi sistem hidraulik yang tidak berfungsi.

5.2 Uraian Materi

Masalah pemeliharaan pada sistem hidraulik adalah hal yang sangat penting untuk menjamin sistem hidraulik bekerja dengan benar sesuai prosedur yang ada. Hal ini untuk mencegah terjadinya kecelakaan yang disebabkan sistem hidraulik tidak bekerja dengan baik.

Untuk itu kita harus selalu ingat dan memahami prinsip-prinsip dasar dan cara kerja dari sistem hidraulik seperti yang telah dibahas pada kegiatan pembelajaran sebelumnya.

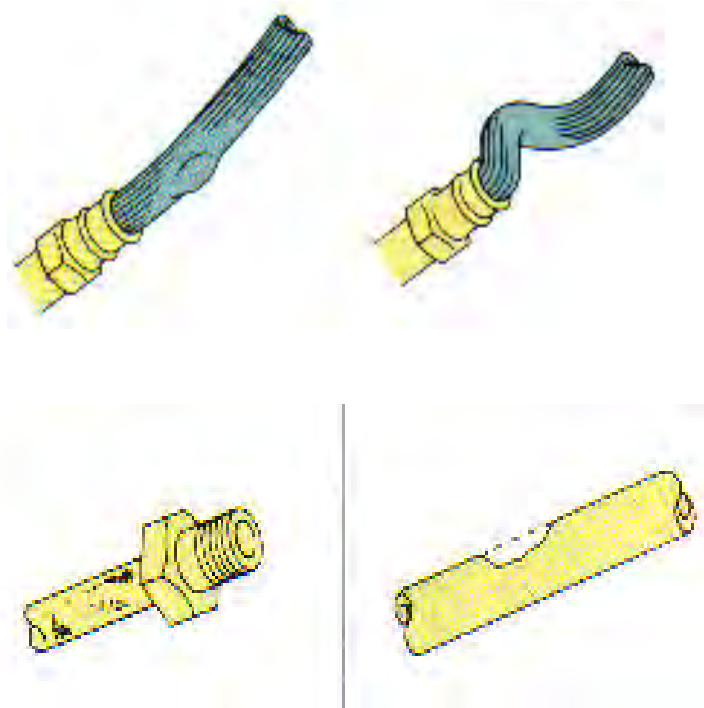
5.2.1 Gangguan–gangguan pada sistem hidraulik

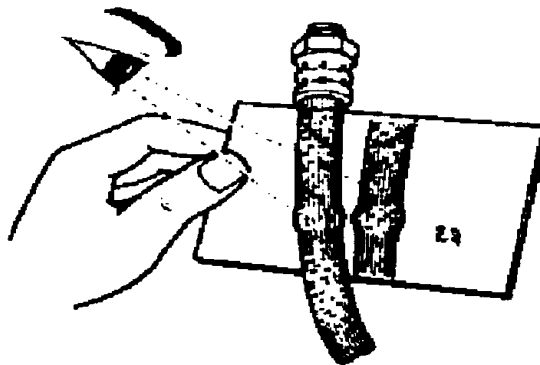
Gangguan yang sering timbul pada sistem hidraulik dapat dibagi menjadi dua yaitu:

a. <u>Bocor</u>

Kebocoran akan mudah dilihat bila sistem hidraulik sedang bekerja karena pancaran fluida lebih deras. Kemungkinan bocor terjadi pada bagian–bagian sebagai berikut:

1) <u>Pipa atau selang</u>

Pipa atau selang pecah karena sudah tua dan rapuh atau bergesekan dengan bagian lain dan dapat juga karena terlepas dari fittingnya. Kondisi pipa atau selang yang rusak yang bisa menimbulkan gangguan pada sistem hidraulik ditunjukkan pada gambar 5-1 berikut ini.

Gambar 5.1 Pipa dan Selang yang Rusak

Untuk mengetahui ada tidaknya gangguan kebocoran pada pipa atau selang, dapat dilakukan pemeriksaan sederhana yang tidak membutuhkan peralatan atau instrumen khusus. Pemeriksaan dilakukan secara visual dengan bantuan cermin seperti pada gambar 5-2 di bawah ini.

Gambar 5.2 Pemeriksaan secara visual

2) Oil seal

Oil seal berfungsi mencegah kebocoran pada sistem hidraulik harus selalu diperiksa secara bekala. Oil seal pada bagian silinder tenaga adalah yang paling kritis, karena selalu keluar masuk. Kotoran pada poros atau laran piston dapat dengan mudah melukai sebuah oil seal ketika didorong masuk ketempat semula. Kerusakan semacam ini dapat menyebabkan kebocoran yang hebat, sehingga sistem hidraulik tidak bekerja dengan sempurna bahkan tidak dapat bekerja sama sekali.

Bila hal ini terjadi atasi dengan cepat kebocoran yangtimbul disekelilng poros atau laras piston tersebut, sebelum menjadi kebocoran yang besar. Karena oil seal bersifat peka harus dipasang dengan hati-hati dan sesuai petunjuk pabrik.

b. Terlalu panas

Temperatur pada reservoir hiraulik harus konstan sesuai anjuran dari pabrik, bila sistem hidraulik terlalu panas yang paling mudah adalah memeriksa pendingin olinya, apakah dalam keadaan bersih dan berfungsi sebagaimana mestinya. Panas yang terjadi pada sistem hidraulik kemungkinan akibat gangguan pada:

1) Adanya udara palsu

Adanya udara palsu pada sistem hidraulik dapat menaikan temperatur karena udara bila dikompresi temperaturnya akan naik, pada tekanan 140 kg/cm2 temperatur udara dapat mencapai 110 derajat Celcius. Bila ini yang terjadi lakukan langkah–langkah pengeluaran udara melalui katup atau nipel yang tersedia.

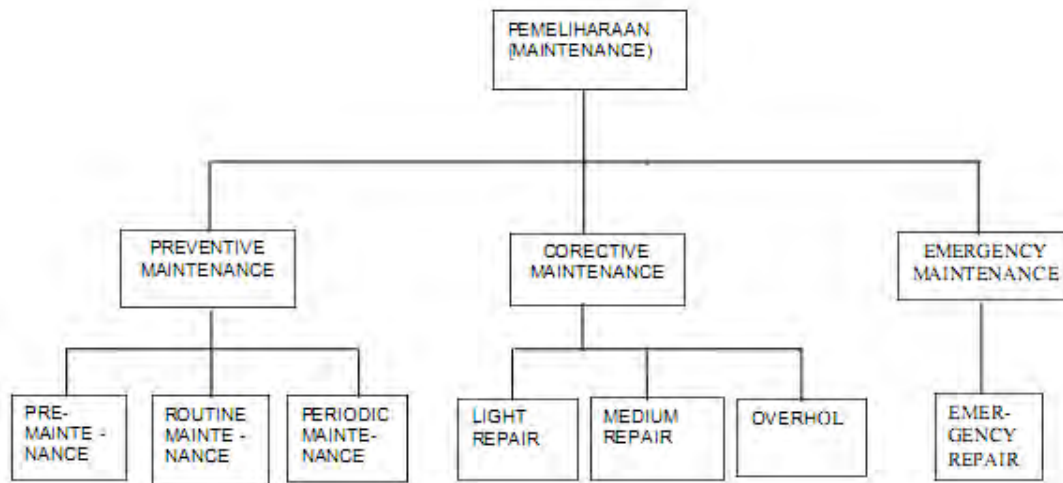
2) Bocor internal

Bocor ini tidak terlihat karena terjadi pada bagian dalam komponen dari sistem hidraulik, sehingga bila ingin mengetahui adanya kebocoran harus melakukan pembongkaran pada komponen yang diduga ada kebocoran contohnya:

- Pompa hidraulik
- *Control valve*
- *Relief valve*

5.2.2 Sistematika Pemeliharaan.

Apakah dalam melaksanakan pemeliharaan sistem hidraulik perlu menggunakan suatu cara yang sistematik? Tentu saja segala pekerjaan akan memberikan hasil yang optimal apabila dikerjakan secara sistematis. Demikian pula untuk melaksanakan pemeliharaan sistem hidraulik kita gunakan sistematika pemeliharaan secara umum yang diaplikasikan sesuai dengan keperluan.

Gambar 5-3 berikut menunjukkan skema suatu sistematika pemeliharaan secara umum.

Gambar 5.3 Skema sistematika pemeliharaan

Apa arti istilah-istilah di dalam gambar tersebut dapat anda pelajari dari uraian berikut :

(1) Pemeliharaan (*Maintenance*) ialah suatu kegiatan yang dilakukan secara sengaja (sadar) terhadap suatu fasilitas dengan menganut suatu sistematika tertentu untuk mencapai hasil telah ditetapkan. Tujuan pemeliharaan ialah agar fasilitas tersebut selalu dalam kondisi siap pakai, dapat berfungsi, beroperasi dengan lancar, aman, produktif, efektif dan efisien serta awet. Jadi kegiatan pemeliharaan itu bukanlah pekerjaan yang ala kadarnya, bukan pekerjaan yang asal-asalan, tetapi pekerjaan yang perlu perencanaan , pembiayaan dan kesungguhan.

(2) Pemeliharaan Pencegahan (*Preventive Maintenance*) ialah pemeliharaan yang dilakukan agar fasilitas/ mesin/ peralatan terhindar dari laju kerusakan yang cepat (tidak wajar).

(3) Perbaikan (*Corective Maintenance*) ialah pemeliharaan yang dilakukan apabila terjadi kerusakan untuk mengembalikan mesin/ peralatan pada kondisi semula.

(4) Pemeliharaan Darurat (*Emergency Maintenance*) ialah pemeliharaan yang dilakukan di luar program pemeliharaan kerena terjadi sesuatu yang *emergency* (kecelakaan). Biasanya pemeliharaan darurat itu adalah perbaikan-perbaikan kerena kecelakaan yang akan mengakibatkan kerusakan-kerusakan dan biasa disebut perbaikan darurat.

(5) Pra Pemeliharaan (*Pre-maintenance*) ialah persiapan pemeliharaan agar dalam pelaksanaan pemeliharaan nantinya lebih lancar dan memenuhi sasaran. Kegiatan pra pemeliharaan ini antara lain seperti : penyusunan program pemeliharaan, penyediaan peralatan dan bahan pemeliharaan sesuai dengan fasilitas obyek pemeliharaan, penyiapan lokasi seperti fondasi/ lantai dan tata letak (lay-out) yang memadai, penyiapan sarana penunjang seperti :

listrik, air dan udara kempa, persiapan tenaga pelaksana pemeliharaan (organisasi) dan administrasi pemeliharaan.

(6) Pemeliharaan Harian (*Routine Maintenance*) ialah pemeliharaan yang dilakukan setiap hari atau setiap mesin/peralatan/fasilitas dioperasikan atau digunakan.

Kegiatan yang dilakukan seperti:

- Pencegahan beban lebih.
- Pencegahan korosi.
- Pelumasan bagi yang memerlukan.
- Keselamatan dan keamanan fasilitas.
- Kebersihan dan ketertiban.

Kegiatan pemeliharaan harian ini biasanya dilakukan oleh operator.

(7) Pemeliharaan Berkala (*Periodic Maintenance*) ialah pemeliharaan yang dilakukan secara berkala sesuai dengan jadwal yang telah diprogramkan.

Pembuatan jadwal itu berdasarkan kepentingan perlakuan terhadap obyek pemeliharaan, misalnya keperluan penggantian oli seharusnya berapa jam kerja, penyetelan ulang bagian-bagian yang bergerak setiap berapa bulan dan sebagainya.

Di dalam pemeliharaan berkala ini kita kenal adanya pemeliharaan *weekly* , *monthly* dan *yearly*, yang artinya sebagai berikut :

- *Weekly maintenance* (Pemeliharaan mingguan) ialah pemeliharaan yang dilaksanakan seminggu sekali atau dua minggu sekali atau tiga minggu sekali.
- *Monthly maintenance* (Pemeliharaan bulanan) ialah pemeliharaan yang dilakukan satu bulan sekali atau tiga bulan sekali (tiga bulanan) atau setiap enam bulan sekali (semesteran).
- *Yearly maintenance* (Pemeliharaan tahunan) ialah pemeliharaan yang dilakukan setiap tahun sekali atau dua tahun sekali.

Tetapi banyak juga pemeliharaan mesin/ peralatan/ fasilitas yang pelaksanaan pemeliharaannya berdasarkan jam kerja misalnya penyetelan bagian-bagian yang bersambung atau bagian-bagian yang bergerak dilaksanakan setiap 1000 jam kerja, penggantian oli setiap 2000 jam kerja, servis besar (*overhaul*) setiap 4000 jam kerja dan sebagainya. Pemeliharaan berkala ini biasanya dilaksanakan oleh teknisi pemeliharaan.

(8) Perbaikan Ringan (*Light repairing*) ialah perbaikan-perbaikan dari kerusakan ringan termasuk yang ditemukan pada waktu pengecekan (pemeliharaan berkala) yang perbaikannya cukup dengan penggantian komponen (*replacement*) dan tidak memerlukan waktu dan biaya tinggi.

(9) Perbaikan Medium (*Medium repairing*) ialah perbaikan-perbaikan dari kerusakan akibat aus atau akibat kecelakaan yang perbaikannya memerlukan

pembetulan komponen dengan biaya yang lebih tinggi dan waktu kerja yang lebih lama.

(10) Servis Besar (*Overhaul*) ialah perbaikan total akibat keausan (lama pemakaian) dengan pembetulan-pembetulan maupun penggantian komponen. Perbaikan atau *overhaul* ini biasa dilakukan oleh teknisi dan atau teknisi ahli, sedangkan untuk mencapai hasil yang optimal perlu kiranya menganut suatu sistematika perbaikan yang yang telah ditentukan.

(11) Perbaikan Darurat (*Emergency repairing*) ialah perbaikan dari kerusakan akibat kecelakaan yang perbaikannya bersifat sementara, untuk menunggu perbaikan yang sempurna atau langsung diperbaiki secara sempurna.

Di dalam sistem pemeliharaan ini ada pula istilah-istilah yang sering digunakan seperti :

- *Running maintenance* ialah pemeliharaan suatu mesin/peralatan/fasilitas dalam keadaan bekerja atau dioperasikan/digunakan.
- *Shut down maintenance* ialah pemeliharaan suatu mesin/ peralatan/ fasilitas yang mana mesin/peralatan/ fasilitas tersebut harus diberhentikan/ tidak dipergunakan , karena tidak mungkin dilakukan pemeliharaan bila mesin/peralatan/fasilitas dalam keadaan bekerja/ dipergunakan .
- *Lack of maintenance* ialah kekurangan atau kelemahan dalam pemeliharaan atau disebut juga pemeliharaan yang tidak baik.
- *Predictive maintenance* atau pemeliharaan perkiraan ialah kegiatan pemeliharaan yang memperkirakan umur atau masa pakai efektif dan efisien suatu komponen, sehingga orang dapat memperkirakan kapan komponen tersebut harus mendapat perlakuan pemeliharaan.

5.2.3 Pemeliharaan Pencegahan Sistem Hidraulik

Sesuai dengan definisi tersebut di depan bahwa pemeliharaan pencegahan atau *preventive maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan yang bertujuan untuk menghindarkan laju kerusakan suatu fasilitas. Berarti kegiatan pemeliharaan ini dilakukan sebelum dan selama fasilitas/ mesin/ peralatan itu beroperasi atau digunakan. Dengan demikian pemeliharaan pencegahan (*preventivemaintenance*) dimulai semenjak fasilitas tersebut belum dioperasikan. Dengan kata lain, kita harus mempersiapkan hal-hal yang perlu untuk memperlancar proses pemeliharaan selanjutnya. Inilah yang disebut dengan pra-pemeliharaan

a. Pra-Pemeliharaan pada sistem hidraulik

Yang dimaksud dengan pra pemeliharaan ialah kegiatan persiapan sebelum mesin/alat dioperasikan dengan tujuan agar pelaksanaan pemeliharaan nantinya menjadi lebih sempurna.

Hal-hal yang perlu dipersiapkan antara lain ialah:

- Instalasi pemipaan sirkuit hidraulik yang memadai.
- Alat-alat pemeliharaan seperti pengencang, penyetel, pemotong, pelumasan dan kebersihan.
- Alat-alat pengetes.
- Alat-alat penunjang seperti angkat, angkut, penjepit dan sebagainya.
- Bahan pemeliharaan seperti pembersih, pembilas dan pencegah korosi.
- Gudang suku cadang dan bahan-bahan pemeliharaan.
- Gudang yang memenuhi syarat untuk oli / cairan hidraulik.
- Gudang barang bekas atau komponen yang diperbaiki.
- Perangkat administrasi pemeliharaan dan pergudangan.

Di samping persiapan tersebut di atas, dalam pemasangan fasilitas yang menggunakan sistem hidraulik perlu dipersiapkan pula hal-hal berikut:

- Untuk mesin-mesin yang stasioner, fondasi mesin harus memenuhi syarat, seperti ketebalan beton, komposisi campuran beton, luas fondasi, kedataran dan sebagainya.
- Sedangkan untuk mesin mobile, perlu dudukan atau mounting yang cukup kuat pula.
- Pemasangan mesin kokoh dengan pengikatan yang kuat.
- Kedataran mesin (level) yang standar (perlu dilevel dengan alat pelevelan yang presisi).
- Penyediaan sumber tenaga yang memenuhi syarat.
- Dengan persiapan yang begitu lengkap berarti pra-pemeliharaan telah kita laksanakan dengan baik sehingga Insya Allah pemeliharaan selanjutnya akan berjalan dengan lancar.

b. Pemeliharaan Harian atau *Routine Maintenance*

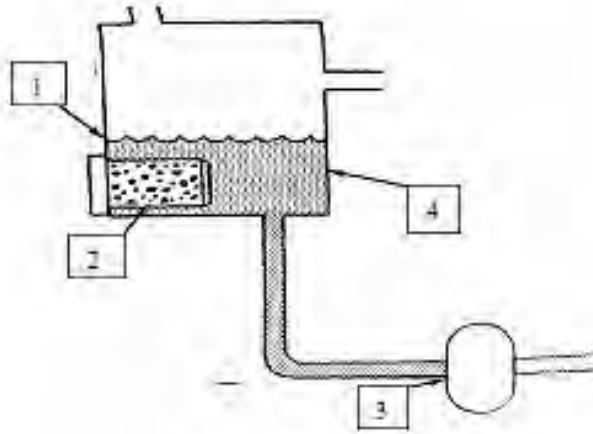
Sebetulnya pemeliharaan sistem hidraulik sangatlah mudah, karena cairan hidraulik telah dapat berfungsi sebagai pelumas dan sekaligus sebagai pencegah korosi. Demikian pula dalam sistem hidraulik telah disediakan proteksi beban lebih. Namun anda dapat saja mengalami permasalahan atau gangguan pada sistem hidraulik apabila anda mengoperasikannya dengan memberikan beban lebih seperti putaran yang terlalu tinggi, tekanan kerja terlalu tinggi, suhu terlalu tinggi atau juga bila terlalu banyak kontaminasi. Oleh karena itu, hanya dengan melaksanakan pemeliharaan yang sistematis dan kontinu, gangguan dapat di atasi sebelum terjadi kerusakan fatal.

Ada beberapa kunci penyebab permasalahan dalam pemeliharaan sistem hidraulik antara lain : (lihat gambar 5-4)

(1) Kurangnya cairan hidraulik (oli) dalam tangki.

(2) Tersumbatnya saringan (filter oil) karena cairan hidraulik yang kotor.

(3) Kehilangan daya hisap pada saluran hisap.

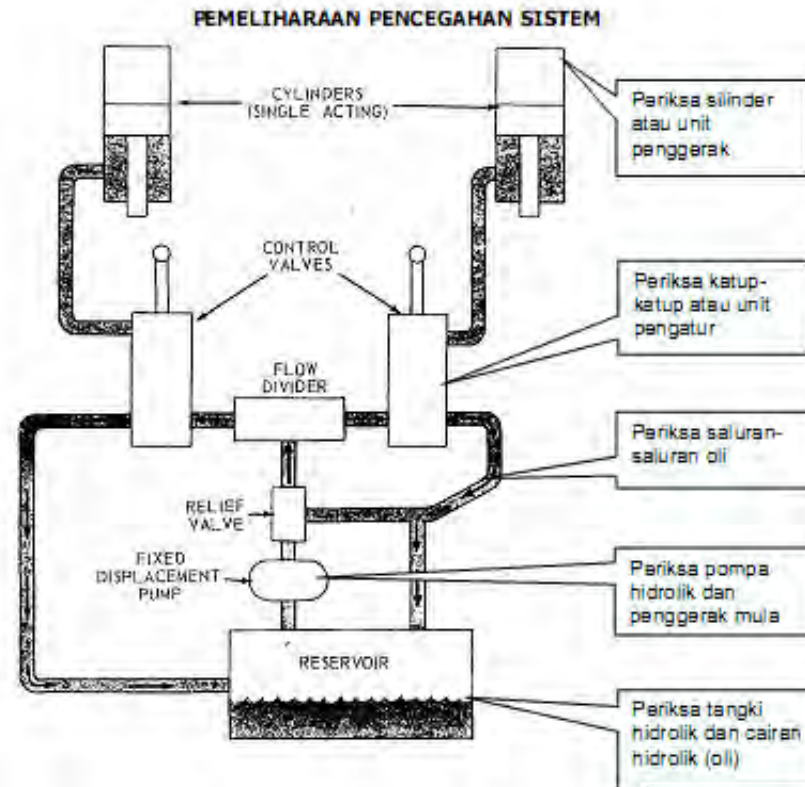
(4) Cairan hidraulik (oli) yang tidak cocok.

Gambar 5.4 Kunci penyebab permasalahan pemeliharaan

Permasalahan tersebut di atas dapat di atasi atau dicegah dengan memahami sistem dan pemeliharaan yang sempurna.

Bagaimanakah pemeliharaan yang sempurna itu ?

Pemeliharaan yang sempurna ialah pemeliharaan yang pelaksanaannya sistematis, taat asas dan berkesinambungan (kontinu). Berikut ini adalah kegiatan pemeliharaan yang secara rutin harus dilaksanakan secara sistematis.

c. Pengecekan sistem sebelum operasi

Pengecekan ini dilakukan secara reguler setiap akan mengoperasikan sistem. Beberapa titik yang harus dicek (diperiksa) antara lain: (lihat gambar 5-5)

Gambar 5.5 Skema pengecekan sistem sebelum operasi

1) Pemeriksaan tangki hidraulik dan oli

Hal-hal yang perlu diperiksa ialah:

a) Periksa permukaan (level) oli apakah masih ada pada garis batas.

- Apabila kurang permukaan oli, tambahlah dengan oli yang sama.
- Apabila dari hasil pemeriksaan permukaan oli dari hari ke hari terlihat penurunan permukaan oli yang drastis, maka periksalah tangki oli atau pipa / selang barang kali ada yang bocor atau retak.

b) Pemeriksaan kondisi oli.

- Bila oli berbusa atau bergelembung berati ada udara yang masuk. Periksalah bagian-bagian yang bocor dan betulkan.
- Bila oli berubah menjadi seperti air susu berarti ada air yang tercampur ke dalam oli hidraulik. Gantilah oli itu dan pastikan bahwa oli tersimpan dengan baik dan tidak terkontaminasi oleh apapun.

c) Periksa saringan oli (*oil filter*).

Sebelum mengangkat tutup filter lap (bersihkan) dulu kotoran atau debu yang melekat padanya. Bila memeriksa oli dengan tongkat (*stick*) lap dulu stick tersebut dengan kain lap yang bersih.

2) **Pemeriksaan pendingin (*cooler*), saluran dan *konektor***

a) Bersihkan pendingin oli secara berkala, periksa bila ada yang bocor, jagalah sirip-sirip pendingin selalu bersih, jangan sampai terbalut oli, jagalah jangan sampai karatan dan sebagainya.

b) Periksalah saluran oli (*konduktor*) dan konektornya barang kali terjadi hal-hal :

- Bocoran oli pada saluran tekan. Periksalah bocoran pada bagian luar selang atau pada *fitting* (*konektor*) dan selalu gunakan kertas kardus jangan diraba dengan tangan.
- Bocoran udara. Tanda bahwa ada udara yang bocor terhisap ke dalam sistem ialah adanya gelembung udara atau buih pada oli dalam tangki.
- Pipa atau selang penyok (rusak). Hal ini barangkali karena adanya buih, atau terlalu panas, atau kehilangan tenaga hidraulik. Gantilah pipa atau selang yang penyok ini tetapi pipa pengganti harus dibersihkan dulu dan dicuci dengan bahan pelarut yang bersih pula.

c) Kencangkanlah semua *konektor* (*fitting*) yang kendor. Gunakan dua buah kunci untuk menghindari terpuntirnya pipa atau selang.

Ingat! Pengencangan hanya sampai pada asal bocornya sudah hilang (sembuh).

3) **Pemeriksaan katup-katup**

a) Periksa kebersihan katup, karena kotoran yang mengganjal pada katup akan membuat katup pelor (*poppet*) tidak menutup dengan rapat dan bila mengganjal pada katup geser dapat menyebabkan katup cepat aus.

b) Periksa keausan katup. Katup yang telah aus *spoolnya* (piston katup) atau piring gesernya atau dudukannya atau bolanya akan mengakibatkan kebocoran. Dengan demikian katup tidak dapat bekerja dengan sempurna.

4) **Pemeriksaan silinder atau *aktuator***

a) Periksa kebocoran silinder baik kebocoran luar maupun dalam. Apabila terdapat kebocoran maka segeralah di atasi.

b) Periksa pengikatan silinder (*cylinder mounting*). Bila kendor, kencangkanlah, bila posisinya berubah betulkan .

c) Periksa posisi batang piston. Dalam keadaan berhenti mestinya batang piston berada di dalam; karena apabila posisinya di luar dia akan menjadi tempat berkumpulnya debu dan air embun yang akan mengakibatkan korosi. Bila terpaksa harus di luar maka perlu dilumasi dengan grease atau paslin yang memadai.

d) Untuk motor hidraulik, periksa jangan sampai bekerja hingga suhu meningkat tajam, karena motor hidraulik tidak boleh bekerja pada suhu tinggi. Periksa juga apakah sistem pendinginan berfungsi dengan baik. Periksa dulu apabila motor hidraulik bekerja hingga suhu meningkat apakah oli di dalam sistem telah mencukupi.

e) Periksa pula kebocoran pada motor hidraulik seperti pada sambungan motor dengan selang , periksa sekitar poros yaitu pada sealnya apakah ada kebocoran dan periksa pada permukaan sambungan belahan motor.

5) Pemeriksaan pompa hidraulik

a) Periksalah sambungan antara selang saluran tekan dengan ulir pada penutup pompa (*cap screw*) apakah sudah cukup kuat, sudah benar posisinya dan rapat.

b) Periksalah apakah ada kebocoran pada sambungan pompa dengan konektor dan konduktornya.

c) Periksa pompa hidraulik dalam keadaan jalan, apakah dengan keadan ini dengan tekanan kerja yang cukup tidak ada bocoran.

5.2.4 Pencegahan beban lebih

Beban lebih ini akan mengakibatkan rusaknya komponen atau akan membahayakan keselamatan. Hal ini dapat terjadi karena beberapa hal antara lain :

a. Tekanan kerja terlalu tinggi

Dengan tekanan oli yang terlalu tinggi melebihi keperluan atau bahkan melebihi kapasitas dapat mengakibatkan hal-hal yang tidak diinginkan seperti : timbulnya kecepatan gerak yang berlebihan, meningkatkan suhu kerja dan merusak komponen.

Sebab-sebab tekanan kerja terlalu tinggi antara lain:

1) Sengaja *regulator* atau *relief valve* disetel tinggi. Untuk itu periksa dan setel ulang, sesuaikan dengan keperluan.

2) *Relief valve* tidak berfungsi, mungkin tersumbat, mungkin rusak dan sebagainya, sehingga tekanan kerja hidraulik tidak terkontrol.

3) Terdapat penyumbatan pada saluran oli sehingga terjadilah tekanan lebih.

4) Beban terlalu berat.

Untuk mencegah terjadinya beban lebih, kembalikanlah kepada penyebabnya untuk dihindari sehingga sebab-sebab tadi tidak terjadi.

b. Kecepatan terlalu tinggi (kecepatan putar atau kecepatan gerak)

Dengan kecepatan yang terlalu tinggi berarti akan terjadi gesekan antar komponen yang semakin tinggi pula. Gesekan yang tinggi akan menimbulkan panas

yang berlebihan dan juga akan mempercepat ausnya komponen-komponen yang saling bergesekan. Pencegahan kecepatan ini sangatlah tergantung pada operator dan operator perlu dibina oleh atasannya.

c. Suhu yang terlalu tinggi (*over heating*)

Suhu kerja yang meningkat terlalu tinggi akan berakibat antara lain :

1) Cairan hidraulik menjadi sangat encer sehingga mudah bocor (daya rapatnya hilang).
2) Dengan suhu yang tinggi akan memanaskan seal sehingga seal akan lembek atau rusak dan akhirnya bocor.
3) Timbulnya lapisan semacam pernis pada permukaan komponen yang justru membuat komponen menjadi kasar.
4) Timbul bocoran yang berlebihan.
5) Berkurangnya output dari sistem.

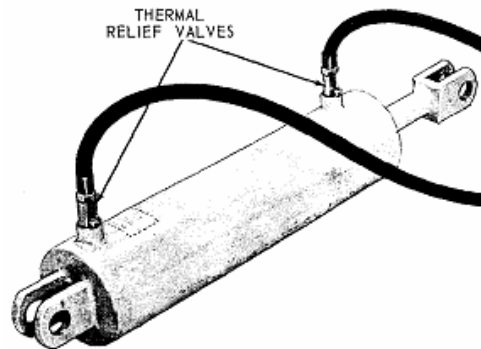
Sebab-sebab terjadinya suhu tinggi antara lain:

1) Putaran atau kecepatan gerak aktuator terlalu cepat.
2) Beban terlalu tinggi.
3) Tekanan kerja hidraulik terlalu tinggi.
4) Lingkungan kerja yang memang suhunya terlalu tinggi.
5) Terdapat kotoran atau lumpur yang mengendap di dalam tangki atau bahkan pada pipa-pipa atau pada pendingin, sehingga menghambat perambatan panas.
6) Terdapat bagian-bagian yang penyok atau bengkok sehingga terjadi penyempitan yang akan menghambat sirkulasi oli.
7) Kekurangan oli/cairan hidraulik (level oli dalam tangki turun jauh).

Setelah anda mengetahui sebab-sebab *overheating* maka untuk mengatasinya tentu saja tinggal dikembalikan kepada penyebabnya, yaitu sebab-sebab tersebut dicegah.

Ada satu hal lagi yang perlu dihindari yaitu yang disebut "*thermal heat expansion*". Yang disebut dengan *thermal heat expansion* ialah terjadinya pemuian oli hidraulik karena panas dalam keadaan sistem hidraulik tidak bekerja. Panas ini berasal dari panas matahari atau mungkin memang dekat sumber panas yang lain. Maka hati-hati bila menyimpan mesin atau alat yang menggunakan sistem hidraulik, jauhkanlah dari terkena panas. Pemuaian karena panas ini akan meningkatkan tekanan oli di dalam sistem, untuk setiap kenaikan suhu 1^0 C akan menaikkan tekanan sebesar 50-60 psi (3-4 bar) pada sistem yang tertutup. Dapat kita bayangkan bila kenaikan suhu cukup tinggi maka komponen sistem hidraulik akan pecah. Hal ini dapat di

atasi dengan memasang *thermal relief valve* pada lubang saluran silinder (lihat gambar 5-6).Pada waktu terjadi *thermal heat expansion* tekanan lebih akan dibebaskan melalui *thermal relief valve* terus ke tangki.

Silinder yang tidak mempunyai *thermal relief valve*, perlu dikosongkan dulu sebelum disimpan.

Gambar 5.6 Silinder dengan *Thermal Relief Valve*

5.2.5 Pelumasan

Untuk sistem hidraulik telah disebutkan di atas bahwa cairan hidraulik telah berfungsi sebagai pelumas. Dengan demikian sistem hidraulik tidak memerlukan lagi pelumasan kecuali bagian-bagian yang tidak dilalui oleh cairan hidraulik.

5.2.6 Menjaga Kebersihan

Bengkel hidraulik seperti bengkel-bengkel yang lain perlu selalu dijaga kebersihannya. Demikian pula sistem hidraulik itu sendiri harus selalu dijaga kebersihannya, karena dikatakan bahwa kebersihan pada sistem hidraulik adalah hal yang nomor satu. Mengapa demikian, yaitu bahwa kotoran dan kontaminasi harus selalu dijauhkan dari sistem hidraulik, karena partikel yang sangat kecil pun dapat membuat katup tergores, pompa terganjal, menyumbat *orifice* dan lain-lain sehingga menyebabkan kerusakan yang perbaikannya cukup mahal.

Bagaimana menjaga sistem hidraulik agar tetap bersih? Ikutilah uraian berikut ini:

a. Jagalah oli cairan hidraulik selalu bersih

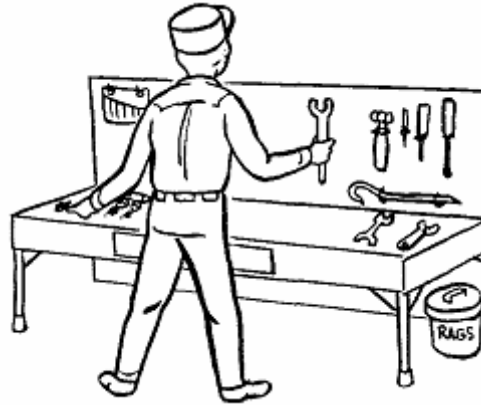
Gambar 5.7 Menjaga kebersihan oli

Simpanlah oli/ cairan hidraulik di tempat yang benar-benar bersih, bebas dari debu atau kotoran lainnya. Bila akan mengisikan oli ke tangki hidraulik bawalah oli dengan tempat yang bersih yang ditutup dengan tutup yang bersih pula. Kemudian untuk menuangkannya gunakan corong yang pakai dengan saringan yang bersih pula.

Bila akan menjajaki isi oli dengan menggunakan tongkat (*dipstick*), bersihkan pula tongkat tersebut dengan dilap memakai kain. lap yang bersih. Kemudian buatlah peringatan kepada operator untuk menjaga agar jangan sampai ada kotoran atau debu yang masuk ke dalam oli.

b. Jagalah kebersihan sistem hidraulik. Sistem hidraulik harus dijaga kebersihannya, maksudnya ialah agar semua komponennya dalam keadaan bersih, tidak belepotan dengan oli atau grease atau zat lain yang akibatnya dapat mengikat debu atau partikel yang lain sehingga dapat menutup permukaan komponen tersebut. Hal ini akan mengakibatkan penyebaran panas keluar terhambat sehingga sistem menjadi panas.

Pada waktu membersihkan komponen hidraulik gunakanlah cairan pelarut atau pembersih kimia hanya untuk membersihkan komponen dari metal. Jangan sampai zat pembersih ini kontak dengan seal atau gasket. Bilaslah komponen yang dibersihkan tadi dan keringkan dengan menggunakan udara dari kompresor. Setelah itu oleskan pada komponen zat (oli) pencegah karat.

c. Jagalah tempat kerja anda selalu bersih Bangku kerja yang bersih dan area yang bersih adalah mutlak diperlukan bila anda menservis komponen-komponen hidraulik. Untuk itu vacuum cleaner tipe untuk industri sangat diperlukan karena dia akan dapat menghisap kotoran berupadebu, partikel kecil dari logam dan kotoran lain yang sejenis. Periksa pula alat-alat yang anda gunakan apakah cukup bersih. Untuk pukul-memukul gunakan hamer dari plastik, kulit atau kuningan agar jangan sampai ada tatal logam yang membahayakan yang masuk ke dalam komponen sistem hidraulik. Gambar 5-8 berikut menunjukkan bangku kerja dan area kerja yang bersih.

Gambar 5.8 Bangku kerja yang bersih dan rapi

5.2.7 Pemeliharaan Berkala

Kegiatan pemeliharaan berkala pada sistem hidraulik ialah kegiatan yang dilakukan pada waktu-waktu tertentu sesuai yang telah dijadwalkan.

a. Periode kegiatan

1) Mingguan (*Weekly*)

- Periksa level oli pada tangki hidraulik dan ditambah bila kurang.
- Periksa filter (saringan), *regulator* (*relief valve*) dan *pressure gauge* apakah masih bekerja dengan baik. Pemeriksaannya dengan cara dicoba dan dianalisis. Apabila terdapat gangguan perlu diservis lebih dulu.
- Periksa apakah pada katup-katup terdapat kotoran seperti : debu, gerusan komponen (*chips*) dan kotoran lain yang dapat menimbulkan gangguan. Jika memang ada bersihkanlah.

2) Bulanan (*Monthly*)

- Periksa kondisi *konektor* (pengikat), penghubung (konduktor) yang berupa selang atau pipa, apakah masih baik dan berfungsi.
- Periksa kondisi sambungan dengan perapatnya (*seal*), apakah ada bocoran-bocoran atau tidak.
- Periksa saluran-saluran pada katup apakah ada kebocoran atau tidak. Bila terjadi kebocoran betulkan dengan cara menyetelnya.

3) Enam bulanan (*Six Monthly*)

- Pemeriksaan mingguan dan bulanan.
- Periksa *seal*-*seal* pada komponen seperti pada silinder, motor hidraulik dan komponen lain.

- Penyetelan-penyetelan : penyetelan mur/baut pengikat, penyetelan transmisi seperti belt, kopling dan sebagainya.
- Pemeriksaan bantalan/bearing pada silinder, batang torak, poros motor hidraulik dan sebagainya

4) **Tahunan**

- Pemeriksaan mingguan, bulanan dan enam bulanan.
- Penggantian oli/cairan hidraulik .

b. Jenis kegiatan pemeliharaan berkala

Ada berbagai macam jenis kegiatan pemeliharaan berkala itu, tetapi dalam modul ini barangkali hanya akan dibahas beberapa hal saja, antara lain:

1) **Penambahan oli/ cairan hidraulik**

Apabila oli telah berkurang yang ditandai dengan turunnya level oli pada sight glass, maka harus segera ditambah lagi hingga garis level oli mencapai garis batas yang telah ditentukan.

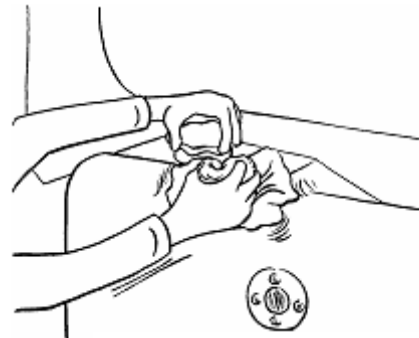
Bila anda akan menambah oli hidraulik hal-hal berikut harus diperhatikan :

- Pastikan bahwa oli di dalam sistem masih bersih dan memenuhi syarat.
- Bersihkan sekitar tutup tangki oli sebelum tutup tangki dibuka.
- Buka tutup tangki dan hati-hati jangan sampai ada kotoran yang masuk sewaktu tutup terbuka.
- Ambil oli dari gudang dengan tempat yang bersih.
- Gunakan corong yang menggunakan saringan dan bersih pula.
- Tuangkan oli melalui corong dan perhatikan level oli dalam tangki melalui sight glass.
- Tutup kembali tangki hidraulik dengan saksama.

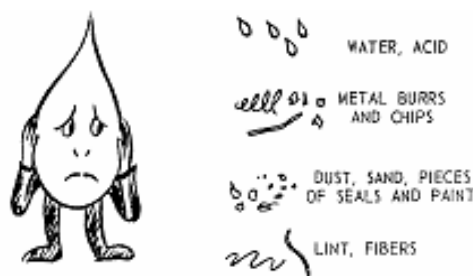
2) **Mengganti oli/cairan hidraulik**

- Sebelum mengisikan oli baru ke dalam tangki hidraulik (mengganti oli), oli yang lama dikeluarkan atau dikuras atau didrain terlebih dulu. Menguras oli semacam ini sangat baik bagi sistem hidraulik karena dengan menguras ini kotoran dan kontaminan seperti partikel kelupasan logam, debu, oksida oli dan sebagainya akan keluar. Kemudian tangki hidraulik dibersihkan dari kotoran atau endapan-endapan yang berisi kontaminan tadi.
- Bila kotoran atau kontaminan terdapat zat yang lengket seperti lilin maka bersihkanlah dengan zat pelarut/ pembersih yang sesuai

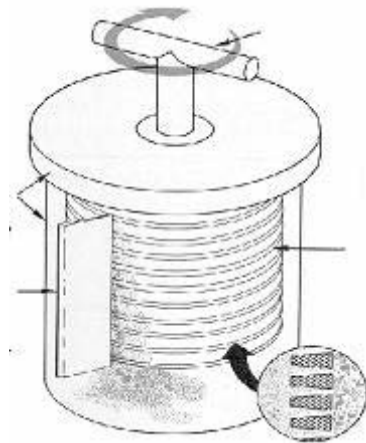
hingga dapat menghilangkan zat tersebut. Setelah pembersihan selesai bilaslah sistem tersebut (flushing the sistem) dengan menggunakan oli pembilas (khusus).

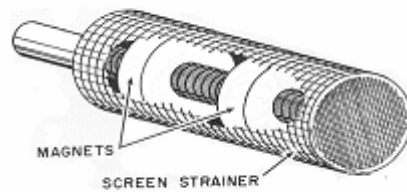
- Setelah oli pembilas dimasukkan, operasikan sistem tersebut agar oli pembilas dapat masuk ke seluruh penjuru dan seluruh bagian dari sistem. Lama pembilasan ini tergantung pada besar-kecilnya atau rumit dan tidaknya sistem hidraulik yang sedang dibilas. Biasanya memerlukan waktu antara 4 – 48 jam.
- Setelah dirasa cukup pembilasannya, maka oli pembilas kemudian dikuras kembali hingga bersih. Sekarang pengisian oli baru boleh dilakukan. Ingat cara pengisian oli baru sama halnya dengan penembahan oli tadi yaitu harus bersih, teliti, mencapai garis batas oli dan sebagainya kemudian tutuplah dengan rapat-rapat.

Gambar 5.9 Pengisian oli yang bersih

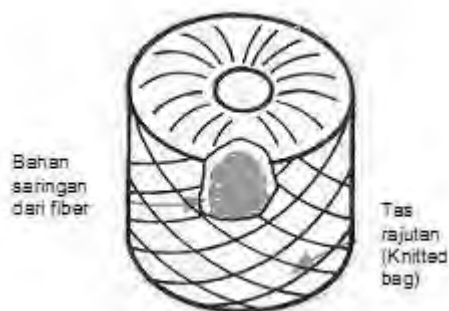
Setelah selesai pengisian oli jalankanlah mesin agar sistem hidraulik mendistribusikan olinya merata ke seluruh sistem dan jalankan paling sedikit 4 kali putaran agar udara dapat keluar semuanya dari dalam sistem. Kemudian periksa lagi level oli pada sight glass, apabila permukaannya turun tambahlah oli hingga mencapai garis batas.

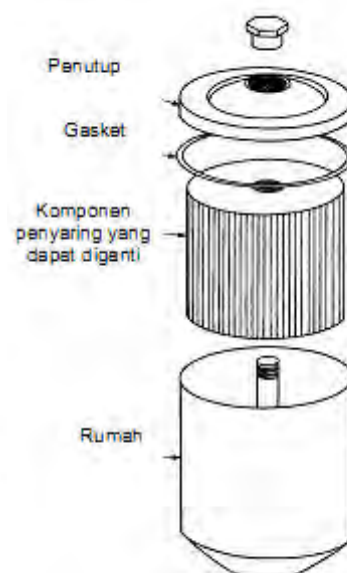
3) Memeriksa dan membersihkan saringan (filter)

Gambar 5.10 Macam-macam kotoran

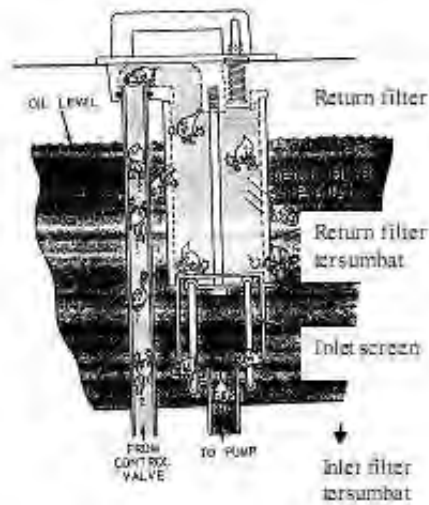
Filter bertugas untuk menyaring kotoran atau kontaminan agar cairan hidraulik bebas dari kontaminasi. Kontaminan tersebut dapat berasal dari luar (terutama dari udara) dan dari dalam seperti partikel kelupasan komponen, oksidasi oli, endapan dan sebagainya.

Bermacam-macam saringan dan cara pembersihannya adalah seperti berikut ini.

Gambar 5.11

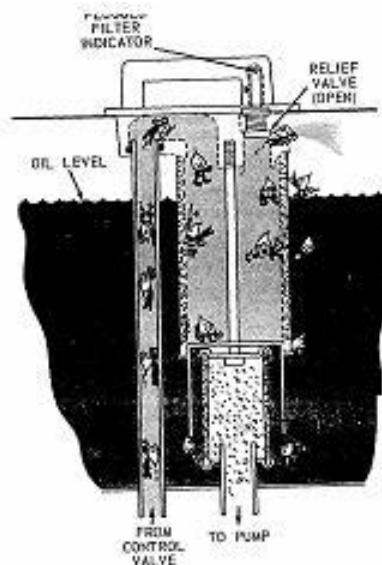
Strainer putar

Gambar 5.12

Magneticstrainer

Gambar 5.13

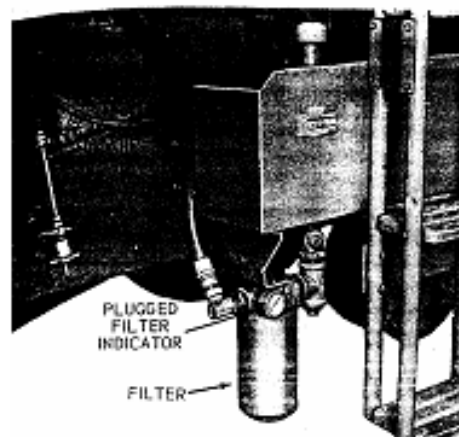
Paket filter

Gambar 5.14

Contoh filter yang dibongkar

Gambar 5.15 Filter dengan *relief valve* tidak operasi

Bentuk-bentuk kontaminan dapat anda lihat pada Gambar 5-15. Kontaminan ini harus difilter agar tidak merusak atau mengganggu beroperasinya komponen hidraulik.

Gambar 5-15 menunjukkan kontaminan yang tersaring dan bagi kontaminan yang sangat kecil dapat lepas dari saringan balik (*return filter*).

Gambar 5.16 Filter dengan *relief valve* beroperasi

Gambar 5-16 menunjukkan filter yang menggunakan *relief valve* dan sedang beroperasi. Bila saringan dalam keadaan bersih perbedaan tekanan antara di dalam dan di luar filter tidak terlalu besar. Tetapi bila *return filter* telah tersumbat dengan kontaminan, perbedaan tekanan akan semakin tinggi dan bila sampai batas penyetelan *relief valve* maka *relief valve* akan membuka.

Pada saat ini mestinya operator telah mengetahui bahwa filter harus diservis. Lihat Gambar 5-17, *pressure gauge* pada *relief valve* itu akan menunjukkan tingginya perbedaan tekanan. Bila tidak segera diservis, oli akan mengalir ke tangki tanpa filter yang akibatnya *inlet filter* juga akan tersumbat. Bila demikian pompa tidak lagi memompa oli dan akhirnya rusak total atau macet.

Gambar 5.17 Tanda bahwa Filter tersumbat

Bila telah ada tanda-tanda dari *relief valve* tadi segeralah hentikan mesin, tunggu sampai dingin, buka cap dari filter dan lepas komponen penyaringnya.

Cuci atau bersihkan dan bilas hingga bersih, keringkan sampai kering kemudian pasang kembali. Zat pencuci harus dipilih yang sesuai dengan komponen saringan tersebut.

Bila filter tidak mungkin lagi dicuci maka gantilah dengan yang baru.

4) Memeriksa kebocoran (*Leaks*)

Apakah yang menyebabkan kebocoran itu? Sebenarnya ada banyak penyebabnya tetapi dapat kita golongkan menjadi dua saja yaitu:

- **Kebocoran dalam.**

Kebocoran ini terjadi biasanya pada saluran hisap. Tidak mengakibatkan kehilangan oli secara nyata tetapi mengurangi efisiensi dari sistem hidraulik karena akan ada udara yang terhisap dan terperangkap ke dalam oli, membentuk gelembung-gelembung atau membuih. Juga akan meningkatkan suhu dari sistem yang berarti pemborosan tenaga. Kebocoran dalam ini sukar dideteksi oleh karena itu tanda-tandanya perlu kita kenali yaitu

makin lambatnya gerakan aktuator (lamban) dan tenaga terasa berkurang. Bila tanda-tanda itu muncul maka sistem perlu ditest.

- **Kebocoran luar**

Kebocoran luar akan mengakibatkan oli/cairan hidraulik berkurang, mengotori tempat kerja sehingga kelihatan jorok dan yang penting adalah membahayakan orang yang bekerja karena licin.

Ada pun penyebab kebocoran luar ini juga bermacam-macam antara lain :

(a). Setiap sambungan dari rangkaian hidraulik dapat menyebabkan kebocoran bila ikatannya kurang pas, atau berbeda ukuran dan sebagainya. Oleh karena itu harus hati-hati dan teliti bila memasang rangkaian (sirkuit).

(b). Komponen juga dapat bocor, oleh karena itu pada waktu merakit (assembling) harus teliti dan menggunakan seal atau gaskets yang cocok .

(c). Karet penutup selang fleksibel dapat juga retak dan bocor, maka harus sering diperiksa agar tidak terlanjur besar.

(d). Tekanan oli yang berlebihan juga dapat menyebabkan bocor. Oleh karena itu setel tekanan kerja hidraulik sesuai dengan kebutuhan dan sesuai dengan kapasitas sistem.

Ingat !

Kebocoran oli hidraulik yang bertekanan tinggi sangat berbahaya, misalnya pancaran oli bertekanan tinggi dapat menyakiti orang atau bila kena percikan api dapat mengakibatkan kebakaran yang sangat merugikan.

5) Melakukan Penyetelan-penyetelan

Agar kita pastikan bahwa sistem hidraulik bekerja dalam keadaan sempurna, maka di samping secara rutin diadakan pemeriksaan juga secara berkala harus diadakan penyetelan-penyetelan. Penyetelan-penyetelan tersebut meliputi bagian-bagian yang bersambung, bagian-bagian yang bergerak maupun instrumen-instrumen pengontrol. Penyetelan bagian-bagian yang bersambung seperti pengencangan baut/mur pengikat, penyetelan penjepit selang (*hoses fittings*), pengencangan sambungan kabel dan lain-lainnya. Penyetelan bagian-bagian yang bergerak seperti silinder hidraulik, motor hidraulik , rantai dan sebagainya. Penyetelan instrumen pengontrol seperti penyetelan/kalibrasi *pressure gauge*, thermometer dan alat-alat kontrol lainnya.

5.2.8 Pemeliharaan Prakiraan (*Predictive Maintenance*)

Yang dimaksud dengan pemeliharaan prakiraan atau *predictive maintenance* ialah kegiatan pemeliharaan untuk memperkirakan umur atau pun masa berfungsinya secara efektif dan efisien suatu komponen atau suatu peralatan.

Adapun tujuan dari *predictive maintenance* ini antara lain :

(a). Dapat mengatur jadwal pemeliharaan berkala. Dengan telah diprediksikannya kapan suatu komponen atau peralatan disetel kembali atau diservis atau diganti karena umur pakainya memang sudah habis, maka jadwal pemeliharaan berkala dapat ditetapkan demikian juga jadwal produksi dapat diatur karena mesin/peralatan produksi sedang dalam pemelihraan atau berhenti. Dengan demikian program produksi dapat dialihkan ke mesin yang lain atau setidaknya penerimaan order atau penetapan waktu penyerahan dapat diatur sedemikian rupa sehingga reputasi perusahaan tetap terjaga.

(b). Dapat mempersiapkan komponen pengganti sebelumnya. Dengan telah disiapkannya komponen pengganti sebelumnya ini berarti pekerjaan *replacing* atau pun *servicing* dapat lebih lancar karena segala keperluan telah tersedia. Waktu tunggu yang biasanya membosankan tidak terjadi Dengan demikian jadwal kerja secara tepat dapat dipenuhi. Hal ini sangat menguntungkan karena proses produksi akan segera berjalan kembali.

Dalam hubungannya dengan pemeliharaan sistem hidraulik, hal ini sangat penting diperhatikan dalam mendukung suatu sistem *manufacturing* di mana kemungkinan sistem hidraulik bekerja selama 24 jam non stop. Bila sistem hidraulik berhenti secara tiba-tiba akan mengakibatkan semua mesin atau peralatan yang menggunakan atau dilayani oleh sistem hidraulik akan berhenti pula. Sedangkan jadwal belum diatur atau belum disesuaikan dengan jadwal pemeliharaan, sehingga banyak karyawan yang menganggur, target produksi terhambat dan masih ada hal-hal lain lagi yang merugikan.

Menurut pengalaman, dalam suatu sistem hidraulik ada beberapa komponen yang dapat diperkirakan (diprediksi) umurnya atau masa pakainya, antara lain :

(a). Sabuk atau belt. Sabuk berfungsi untuk memindahkan tenaga dari penggerak mula (motor listrik atau motor bakar) ke pompa hidraulik atau pesawat lain. Sabuk ini dibuat dari bahan-bahan yang fleksibel seperti karet atau bahan sintetis atau plastik yang diperkuat dengan bahan bahan serat yang cukup kuat. Umur pakai dapat diperkirakan sesuai dengan jenis maupun ukuran belt itu sendiri. Belt pada umumnya dapat dipakai kira-kira 1000 jam kerja atau bila belt tadi dipakai secara non stop berati dapat dipakai dalam waktu 1 tahun.

(b). Bantalan atau bearing. Bantalan ini juga dapat diperkirakan umur pakainya .

(c). Perapat atau perfak atau seal. Perapat seal pada umumnya terbuat dari bahan karet atau karet sintetis atau kulit atau plastik. Komponen ini juga dapat diperkirakan masa pakainya atau dapat dilihat pada petunjuk manufakturnya.

(d). Pemipaan atau piping. Masalah pemipaan juga harus mendapat prediksi yang cukup baik, karena pemipaan merupakan penyaluran cairan hidraulik untuk mendistribusikannya ke seluruh pemakai. Yang perlu diprediksi adalah kapan pipa-pipa logam dicat kembali untuk melindunginya dari proses korosi atau bila pipa karet atau plastik, kapan harus diganti. Demikian juga perlu diprediksi

kapan harus diadakan penyetelan-penyetelan ulang agar kedudukan pipa tetap memenuhi persyaratan.

(e). Saringan oli atau filter. Saringan oli ini tidak hanya diprediksi kapan harus diganti tetapi juga perlu diprediksi kapan harus diservis atau dibersihkan dan disetel kembali.

Dengan diperlukannya prakiraan-prakiraan ini berarti seorang teknisi harus tahu dan harus ada catatan tentang kapan suatu komponen dipasang dan kapan diadakan pemeliharaan. Dengan demikian adanya catatan-catan pemeliharaan atau *maintenance record* menjadi sangat penting untuk dilaksanakan.

5.3 Rangkuman:

1. Pemeliharaan (*Maintenance*) ialah suatu kegiatan yang dilakukan secara sengaja (sadar) terhadap suatu fasilitas dengan menganut suatu sistematika tertentu untuk mencapai hasil telah ditetapkan.
2. Tujuan Pemeliharaan ialah agar fasilitas tersebut selalu dalam kondisi siap pakai, dapat berfungsi, beroperasi dengan lancar, aman, produktif, efektif dan efisien serta awet.
3. Pemeliharaan Pencegahan (*Preventive Maintenance*) ialah pemeliharaan yang dilakukan agar fasilitas / mesin / peralatan terhindar dari laju kerusakan yang cepat (tidak wajar).
4. Perbaikan (*Corective Maintenance*) ialah pemeliharaan yang dilakukan apabila terjadi kerusakan untuk mengembalikan mesin / peralatan pada kondisi semula.
5. Pemeliharaan Darurat (*Emergency Maintenance*) ialah pemeliharaan yang dilakukan di luar program pemeliharaan kerena terjadi sesuatu yang *emergency* (kecelakaan).
6. Pra Pemeliharaan (*Pre-maintenance*) ialah persiapan pemeliharaan agar dalam pelaksanaan pemeliharaan nantinya lebih lancar dan memenuhi sasaran.
7. Pemeliharaan Harian (*Routine Maintenance*) ialah pemeliharaan yang dilakukan setiap hari atau setiap mesin/peralatan/fasilitas dioperasikan atau digunakan.

   Kegiatan yang dilakukan seperti:

   - Pencegahan beban lebih.
   - Pencegahan korosi.
   - Pelumasan bagi yang memerlukan.
   - Keselamatan dan keamanan fasilitas.
   - Kebersihan dan ketertiban.
8. Pemeliharaan Berkala (*Periodic Maintenance*) ialah pemeliharaan yang dilakukan secara berkala sesuai dengan jadwal yang telah diprogramkan. Di dalam pemeliharaan berkala ini kita kenal adanya pemeliharaan *weekly*, *monthly* dan *yearly*.

9. Perbaikan ringan (*Light repairing*) ialah perbaikan pemeliharaan berkala yang perbaikannya cukup dengan penggantian komponen (*replacement*) dan tidak memerlukan waktu dan biaya tinggi.
10. Perbaikan medium (*Medium repairing*) ialah perbaikan-perbaikan dari kerusakan akibat aus atau akibat kecelakaan yang perbaikannya memerlukan pembetulan komponen dengan biaya yang lebih tinggi dan waktu kerja yang lebih lama.
11. Servis besar (*Overhaul*) ialah perbaikan total akibat keausan (lama pemakaian) dengan pembetulan-pembetulan maupun penggantian komponen.

5.4 Tugas

Tugas ini berhubungan dengan pemeliharaan sistem hidraulik

1) Periksa keadaan oli hidraulik pada tangki hidraulik melalui gelas penduga (*sight glass*)!
   …………………………………………………………………………………………………
   ……………………………………………………………………………………………
2) Apabila kekurangan oli tambahlah dengan oli yang sama!
   …………………………………………………………………………………………………
   ……………………………………………………………………………………………
3) Periksa saklar listrik, apakah telah terpasang dengan baik!
   …………………………………………………………………………………………………
   ………………………………………………………………………………………………
4) Pilihlah komponen yang akan dipasang dan pastikan bahwa komponen tersebut tidak rusak kemudian bersihkan dan atur peletakannya!
   …………………………………………………………………………………………………
   ……………………………………………………………………………………………
5) Periksa konektor, dan konduktor apakah sudah cukup kencang pengikatannya dan tidak goyang serta posisinya benar!
   …………………………………………………………………………………………………
   ……………………………………………………………………………………………
6) Selama bekerja/selama mesin hidup, amati kondisi secara keseluruhan apakah mesin bekerja dengan baik, tidak ada getaran, tidak ada peningkatan suhu yang berlebihan, tidak ada suara-suara atau bau-bauan yang asing.
   …………………………………………………………………………………………………
   ………………………………………………………………………………………………
7) Selama bekerja periksalah kondisi sambungan dan sealnya, apakah ada kebocoran? Bila ada kebocoran kencangkanlah pengikatannya atau prediksikan kemungkinannya penggantian seal?
   …………………………………………………………………………………………………
   …………………………………………………………………………………………

8) Setelah selesai bekerja ,hentikan mesin dengan posisi piston dalam keadaan tertutup, bersihkan mesin, lepas konduktor/konektor yang memang perlu dilepas dan simpanlah mesin di tempat yang teduh dan aman.

………………………………………..…………..............................…………
……………………………………………………………………………………..…....…

9) Dalam keadaan berhenti periksalah kondisi peralatan, kencangkanlah baut/mur yang kendor, setel bagian-bagian yang berubah dari posisinya dan betulkan komponen-komponen yang ada kelainan

………………………………………..…………..............................…………
……………………………………………………………………………………..…....……

10) Periksa peralatan pemeliharaan anda kemudian buat daftar inventarisnya!

………………………………………..…………..............................…………
……………………………………………………………………………………..…....……

5.5 Tes Formatif

Jawablah soal-soal berikut dengan singkat atau dengan mengisi titik-titk yang ada!

1 Apa yang dimaksud dengan pemeliharaan?

2 Sebutkan tujuan pemeliharaan itu!

3 Apa yang dimaksud dengan *preventive maintenance*?

4 Apa saja yang harus dipersiapkan pada kegiatan pra pemeliharaan?

5 Sebutkan tiga macam kegiatan pemeliharaan rutin!

6 Apa yang dimaksud dengan pemeliharaan berkala?

7 Bagian-bagian dari sistem hidraulik yang perlu diperiksa secara berkala antara lain : a)………………….. b)…………………… c)………………

8 Thermal relief valve berfungsi untuk ……………………………………….

9 Kenaikan suhu 1 derajat Celcius dapat mengakibatkan kenaikan tekanan sebesar ……………………bar.

10 Mengapa filter secara berkala harus diservis atau diganti?

5.6 Kunci Jawaban Tes Formatif

1 Pemeliharaan (*Maintenance*) ialah suatu kegiatan yang dilakukan secara sengaja (sadar) terhadap suatu fasilitas dengan menganut suatu sistematika tertentu untuk mencapai hasil telah ditetapkan.

2 Tujuan Pemeliharaan ialah agar fasilitas tersebut selalu dalam kondisi siap pakai, dapat berfungsi, beroperasi dengan lancar, aman, produktif, efektif dan efisien serta awet.

3 Pemeliharaan Pencegahan (*Preventive Maintenance*) ialah pemeliharaan yang dilakukan agar fasilitas/mesin/peralatan terhindar dari laju kerusakan yang cepat (tidak wajar).

4 Yang harus dipersiapkan antara lain:

a. Lay out

b. Alat-alat pemeliharaan.

c. Bahan pemeliharaan.

d. Saran penunjang seperti listrik, air udara kempa.

e. Dan lain-lain.

5 Tiga macam kegiatan pemeliharaan rutin:

a. Kebersihan dan ketertiban.

b. Pelumasan.

c. Pencegahan beban lebih.

6 Pemeliharaan Berkala (Periodic Maintenance) ialah pemeliharaan yang dilakukan secara berkala sesuai dengan jadwal yang telah diprogramkan.

7 Bagian-bagian yang perlu diperiksa:

a. Kondisi cairan hidraulik dan pelumasan.

b. Kondisi pengikatan seperti baut-baut dan mur.

c. Kondisi penyambungan dan perapatan (sealing).

8 Thermal relief valve berfungsi untuk mengantisipasi kenaikan tekanan pada silinder hidraulik pada waktu terjadi kenaikan suhu.

9 3 – 4 bar.

10 Karena kemungkinkan filter tertutup oleh kotoran atau impurities sangat besar dan kalau terjadi seperti itu oli akan tertahan sehingga sistem akan terganggu.

5.7 Lembar Kerja Siswa

Tujuan:

1. Dapat melakukan pemeriksaan rutin/ berkala pada sistem hidraulik
2. Dapat melakukan perawatan secara rutin/ berkala pada system hidraulik

Alat dan Bahan:

1. Alat – alat tangan (hand tool)
2. Kain pembersih (majun)
3. Cairan pembersih
4. Sebuah cermin kecil

Keselamatan Kerja:

1. Pastikan Sistem rem bekerja dengan baik atau engine dalam keadan mati.
2. Pastikan tidak ada minyak/ fluida hidraulik yang tercecer dilantai.
3. Pastikan ruangan dalam keadaan bersih.
4. Selalu memperhatikan **Keselamatan dan Kesehatan Kerja** (**K3)**

Langkah kerja:

1. Bukalah semua penutup/ body yang menutupi sistem hidraulik
2. Periksalah mulai dari reservoir fluida/ minyak hidraulik, apakah kurang, cukup, berubah warna dan kekentalannya dan sebagainya.
3. Periksalah pompa hidraulik pastikan tidak ada kebocoran internal
4. Periksalah bagian actuator pastikan silinder dapat bekerja sempurna, langkah batang silinder sesuai sfesifikasi.
5. Periksalah sambungan – sambungan pipa atau selang
6. Periksalah keadaan pipa dan selang apakah berkarat, retak, pecah-pecah dan sebagainya.

Hasil observasi selama kegiatan praktik diisikan pada format isian di bawah ini:

No	Nama Komponen yang Diperiksa	Hasil Pemeriksaan	Ket
1	Fluida / minyak hidraulik a. jenis b. jumlah c. keadaan d. warna		
2.	Pompa hidraulik a. jenis b. keadaan c. kebocoran		
3	Aktuaor a. jenis b. jumlah silinder c. keadaan silinder d. seal		
4	Pipa dan selang a. keadaan pipa b. keadaan selang c. keadaan fitting		
5	Kesimpulan hasil pemeriksaan :		

6 Kegiatan Belajar 6 Perbaikan Sistem Hidraulik

6.1 Tujuan Pembelajaran

Setelah menyelesaikan pembelajaran ini, diharapkan siswa dapat:

(1) Mengidentifikasi gejala kerusakan sistem hidraulik pesawat udara.

(2) Menentukan letak kebocoran pada sisitem hidraulik pesawat udara.

(3) Menerapkan metode untuk mengidentifikasi adanya kebocoran sistem.

(4) Melakukan pemeriksaan kebocoran pada sistem hidraulik dengan baik dan benar tanpa bantuan teman.

(5) Melakukan perbaikan ringan pada sistem hidraulik dengan bantuan buku petunjuk dari pabrik pembuat.

(6) Melakukan penggantian komponen sistem hidraulik baik secara mandiri ataupun dalam suatu tim.

(7) Memperbaiki instalasi sistem hidraulik yang tidak berfungsi.

6.2 Uraian Materi:

6.2.1 Sistematika Perbaikan

Perbaikan (*Repair Fault*) ialah suatu tindakan terhadap mesin/peralatan/ fasilitas yang mengalami kerusakan untuk mengembalikan kepada kondisi semula agar fasilitas tersebut dapat berfungsi kembali. Dengan demikian perbaikan ini dapat dikatakan merupakan bagian dari pemeliharaan secara umum.

Diagnosa Kerusakan atau disebut juga *Fault Finding* ialah kegiatan untuk mencari atau menemukan kerusakan (bagian yang rusak) pada fasilitas yang mengalami gangguan.

Untuk dapat melaksanakan diagnose kerusakan biasanya teknisi dibantu oleh :

- Informasi dari operator.
- P K yaitu Petunjuk Kerja dari buku operations manual.
- P P yaitu Petunjuk Pemeliharaan dari buku maintenance manual.
- K M yaitu Kartu Mesin yang merupakan catatan perbaikan sebelumnya (*Maintenance Record*).

Analisis perbaikan ialah kegiatan yang dilakukan setelah kerusakan atau gangguan ditemukan yaitu mengadakan pemeriksaan bagian-bagian yang rusak,memperhitungkan dan merencanakan pelaksanaan perbaikan. Di dalam kegiatan analisis perbaikan ini ada kegiatan dismantling atau pembongkaran maksudnya ialah mesin/peralatan/fasilitas yang telah dinyatakan rusak dibongkar untuk dicari bagian-bagian yang rusak. Kemudian bagian-bagian atau komponen yang rusak tersebut diperiksa sejauh mana atau separah

apa kerusakan itu terjadi. Untuk pembongkaran dan pemeriksaan ini diperlukan alat-alat atau bahkan Alat Khusus (AK) dan juga Teknisi (T) atau bahkan Teknisi Ahli (TA).

Perhitungan perbaikan maksudnya ialah setelah kerusakan komponen diperiksa dan telah nyata jenis kerusakannya kemudian dipertimbangkan jenis perbaikan apa yang dipilih termasuk diperhitungkan biaya perbaikannya.

Jadwal perbaikan ialah pembagian dan penetapan waktu perbaikan setiap komponen yang pelaksanaan perbaikannya mungkin ditangani oleh beberapa teknisi di beberapa bengkel pula. Komponen yang satu dan yang lain penyelesaian perbaikannya harus sesuai dengan jadwal agar pada waktu perakitan kembali semuanya sudah siap.

Proses Perbaikan ialah pelaksanaan perbaikan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan oleh bagian perencanaan (*Maintenance Engineering*). Pelaksana perbaikan ini tentu disesuaikan dengan tingkat kesulitan perbaikannya, misalnya untuk perbaikan-perbaikan kerusakan yang tidak terlalu rumit mungkin cukup dengan teknisi biasa tetapi bila untuk perbaikan dari kerusakan yang cukup rumit mungkin perlu teknisi khusus atau teknisi ahli. Pelaksanaan perbaikannya pun mungkin di bengkel sendiri atau munkin juga di bengkel luar yang sesuai dengan jenis perbaikan yang dikehendaki.

Penyetelan dan pemeriksaan ialah proses penyatuan atau perkitan kembali setelah semua komponen yang diperbaiki selesai. Pemeriksaan hasil penyetelan/ perakitan biasanya dilakukan oleh Supervisor perbaikan .

Uji Perbaikan ialah pengujian hasil perbaikan untuk menyatakan bahwa perbaikan telah selesai dan hasilnya merupakan mesin/ peralatan/ fasilitas yang telah baik kembali hingga dapat difungsikan lagi.

Ada beberapa jenis pengujian yang harus dilakukan terhadap hasil perbaikan ini yaitu :

- Uji tampak maksudnya ialah mesin/ peralatan/ fasilitas yang telah selesai diperbaiki perlu dilihat secara visual apakah sudah tampak rapi, tertib dan sempurna rakitannya.
- Uji geometrik ialah pengujian komponen mekanik seperti kerataan permukaan, kesentrisan putaran, kesikuan, kedataran dan sebagainya. Uji geometrik ini perlu dilakukan untuk meyakinkan kesempurnaan perakitan, karena apabila komponen mekanik tidak dipasang dengan sempurna maka jalannya mesin/ peralatan/ fasilitas akan tidak normal yang mengakibatkan laju kerusakan mesin semakin cepat.
- Uji fungsi ialah menguji semua bagian yang bergerak apakah bagian-bagian tersebut telah berfungsi sebagaimana mestinya. Caranya ialah semua bagian yang bergerak dijalankan tanpa beban dan diamati satu per satu.
- Uji jalan atau uji coba ialah pengujian terhadap mesin/ peralatan/ fasilitas setelah selesai diperbaiki yaitu dengan cara menjalankan mesin hingga beban penuh.

Pengujian perbaikan ini dilakukan oleh bagian quality assurance dan pengujiannya akan selalu mengacu pada test standar dan buku petunjuk kerja (operation manual).

Setelah selesai pelaksanaan pengujian perbaikan ini berarti mesin/ peralatan telah kembali baik dapat berfungsi kembali maka proses selanjutnya adalah penyerahan ke line

produksi pemakai fasilitas tersebut atau ke pelanggan yang memanfaatkan jasa perbaikan kita.

Gambar 6.1 Skema Sistematika Perbaikan

6.2.2 Menemukan Kerusakan (*Fault Finding*)

Apakah yang dimaksud dengan menemukan kerusakan itu ?

Beberapa istilah yang serupa dan maksudnya sama seperti : menemukan kerusakan (*Fault-Finding*) atau mendiagnosa kerusakan (*Diagnosing Fault*) atau mencari gangguan/ kerusakan (*Fault Tracing*) maksudnya ialah mencari bagian-bagian yang rusak atau tidak berfungsi dari sistem hidraulik yang menyebabkan sistem itu terganggu atau tidak bekerja.

Bila terjadi adanya tanda-tanda kerusakan atau gangguan pada sistem, maka operator seharusnya segera menghentikan mesin dan lapor ke bagian maintenance. Kemudian bagian maintenace (*Supervisor Maintenance*) akan menugaskan teknisinya untuk menindak lanjuti laporan tersebut dengan memberikan surat perintah perbaikan (repair order). Tentu saja, pertama-tama teknisi akan mencari dulu gangguan atau kerusakan atau disturbance yang terjadi yang menyebabkan sistem tidak bekerja.

Ada beberapa tahapan pokok yang dianjurkan untuk dapat menemukan gangguan seperi yang diilustrasikan pada gambar 6-2 berikut ini, yaitu :

1) Menguasai sistem.

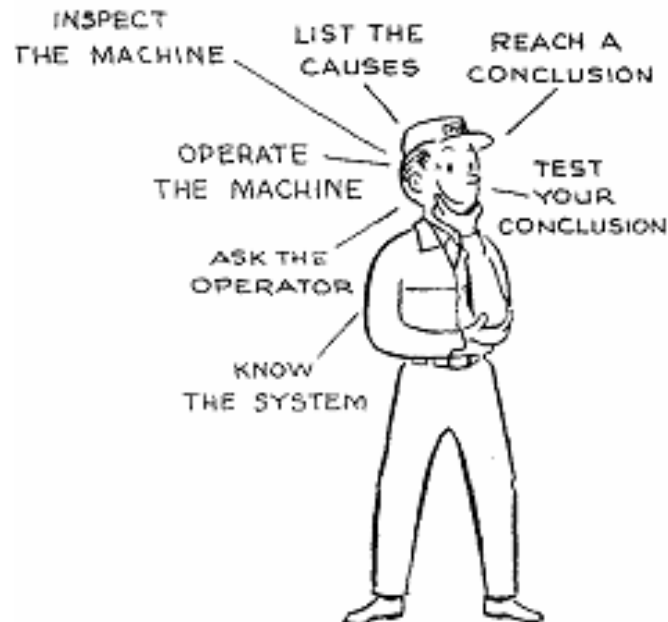
2) Mencari informasi dari operator.

3) Mengoperasikan mesin bila mesin masih dapat dioperasikan.

4) Menginspeksi atau memeriksa mesin/ sistem

5) Membuat daftar kemungkinan penyebab gangguan.

6) Buat kesimpulan atas dasar analisis.

7) Uji kesimpulan anda untuk mengambil keputusan.

Gambar 6.2 Tujuh Tahapan Menemukan Gangguan

a. Menguasai Sistem

Untuk dapat menguasai sistem anda harus mempelajari :

(1) Buku petunjuk pengoperasian, agar memahami betul cara pengoperasian yang benar, kemudian praktiklah.

(2) Buku petunjuk pemeliharaan (*Maintenance Manual*), agar anda menguasai cara kerja sistem, aliran fluida, jenis komponen, cara memelihara dan memperbaiki sistem.

(3) Di sini anda harus dapat membaca diagram sirkuit hidraulik, step diagram dan grafik urutan kerja.

Gambar 6.3 Mempelajari sistem

Untuk menguasai sistem, Anda harus mempelajari :

(1) Buku petunjuk pengoperasian, agar memahami betul cara pengoperasian yang benar, kemudian praktiklah.

(2) Buku petunjuk pemeliharaan (*Maintenance Manual*), agar anda menguasai cara kerja sistem, aliran fluida, jenis komponen, cara memelihara dan memperbaiki sistem.

(3) Di sini anda harus dapat membaca diagram sirkuit hidraulik, step diagram dan grafik urutan kerja.

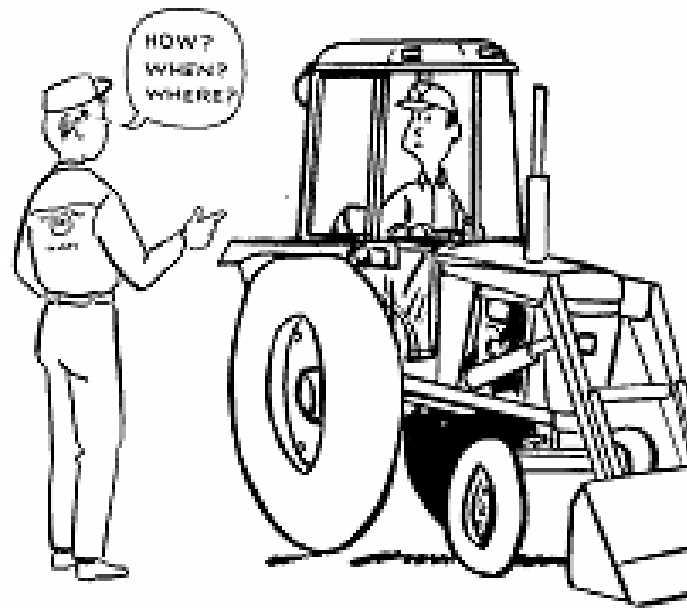
b. Mencari Informasi dari Operator

Setelah mendapat repair order, maka teknisi akan segera melaksanakan tugas dan kemungkinannya pertanyaan akan timbul sebagai berikut :

(1) Apakah mesin/peralatan mendapat gangguan/ kerusakan pada waktu bekerja (dalam keadaan *Switch-On*)?

(2) Apakah gangguan semacam ini pernah/sering terjadi sebelumnya?

(3) Apakah operator telah memperbaiki atau telah mengubah posisi *switch* (mematikan mesin)?

(4) Bagaimana mesin/ alat itu dioperasikan dan di mana tempat pengoperasiannya bila mesin/ alat tersebut termasuk alat bergerak.

Gambar 6.4 Informasi dari Operator

Operator akan menginformasikan gejala atau tanda-tanda terjadinya gangguan kepada teknisi maintenance sebagai bahan analisis dalam memecahkan permasalahan. Informasi-informasi semacam ini barangkali sangat penting bagi teknisi untuk dapat menemukan kerusakan dan sangat membantu mempercepat pekerjaan.

Apakah tanda-tanda adanya kerusakan/gangguan itu? Secara umum gejala atau tanda-tanda itu adalah sebagai berikut !

Lima Tanda-Tanda Kerusakan

Tanda-tanda kerusakan yang biasa terjadi pada sistem hidraulik antara lain:

(1) **Sistem berhenti**. Artinya dalam keadaan operasi tiba-tiba sistem berhenti tanpa dikehendaki atau pada waktu akan dioperasikan sistem tidak mau bekerja.

(2) **Getaran yang berlebihan**. Bila terjadi getaran yang tidak seperti biasanya selama operasi atau getaran yang berlebihan berarti ada suatu kelainan. Kelainan itu disebabkan oleh apa dan di bagian mana, itulah yang harus dicari.

(3) **Terdengar suara asing**. Suara asing yang tidak biasa terdengar perlu dicurigai dan perlu dicermati kemudian segera mengambil keputusan.

(4) **Meningkatnya suhu**. Apabila suhu meningkat dengan tajam perlu kiranya segera memberhentikan mesin kemudian menyelidiki kelainan apa yang terjadi.

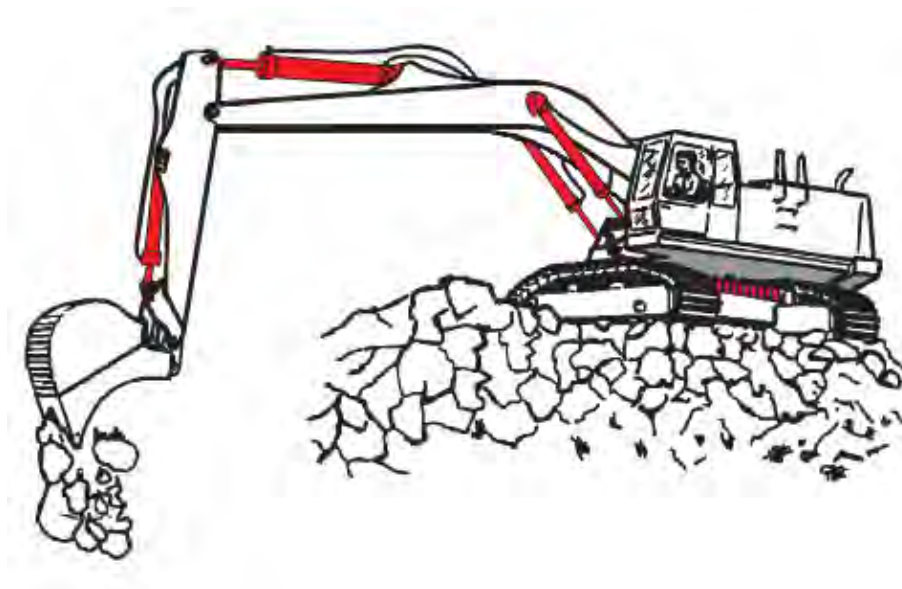
(5) **Tercium bau asing**. Termasuk apabila timbul bau-bau yang tidak biasanya terjadi, seperti bau kebakaran misalnya, perlu segera diselidiki dan mesin juga diberhentikan.

Tanda-tanda seperti tersebut di atas bila muncul dalam keadaan kita mengoperasikan sistem hidraulik (dalam keadaan bekerja), perlu kiranya operator atau pemakai mesin/ peralatan/ fasilitas segera menghentikannya dan lapor kepada bagian maintenance.

c. Mengoperasikan Mesin

Operasikanlah mesin/alat tersebut sesuai dengan prosedur warming up, beban ringan sampai beban penuh bila mungkin. Buktikan sendiri apa yang telah diinformasikan oleh operator tadi, perhatikan setiap gerakan, lihat, dengar, cium dan rasakan apakah tanda-tanda seperti tersebut di atas muncul dan kalau muncul di bagian mana.

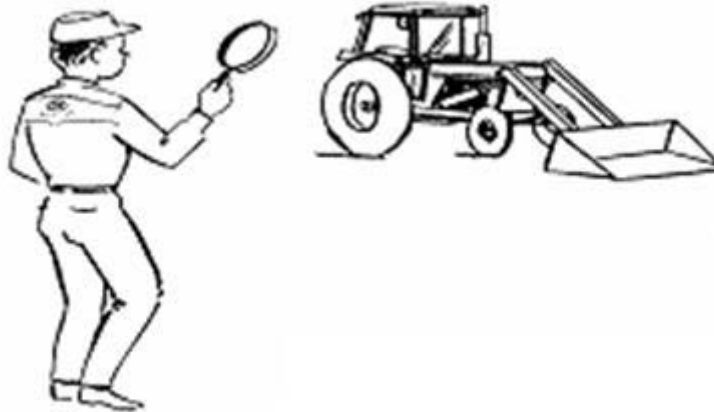
Periksa alat ukur (pressure gauge misalnya) apakah alat tersebut menunjukkan kelainan pengukuran atau bahkan alat itu yang rusak.

Bila mesin/alat sudah tidak dapat dihidupkan lagi, mungkin ada bagian-bagian yang masih dapat digerakkan, maka gerakkanlah untuk mendapatkan suatu informasi tambahan.

Gambar 6.5 Mengoperasikan mesin

Nah, setelah anda mengoperasikan atau menggerakkan, lanjutkanlah dengan pemeriksaan visual bagian-bagian yang anda curigai.

Peringatan !

Untuk memeriksa dengan membuka sistem hidraulik yang bertekanan, kosongkan dulu oli yang bertekanan untuk kembali ke tangki hidraulik. Oli yang bertekanan tinggi sangat berbahaya karena bila menyemprot orang dapat mengakibatkan kecelakaan.

d. Menginspeksi atau Memeriksa Mesin / Sistem

Gambar 6.6 Menginspeksi mesin

Dari hasil pengamatan anda selama mengoperasikan mesin tadi tentu anda telah mencurigai bagian-bagian yang memberikan tanda-tanda gangguan.

Periksalah bagian tersebut dengan cermat, tetapi juga jangan lupa , coba periksa oli dalam tangki hidraulik, level permukaannya, keadaannya apakah berbuih,atau berubah seperti susu (milky), apakah oli sangat kotor, apakah filter tersumbat dan sebagainya. Demikian juga perhatikan baik-baik semua komponen barang kali ada yang retak atau bocor atau kendor dan sebagainya.

e. Membuat Daftar Kemungkinan Penyebab Gangguan

Dari hasil catatan-catatan sewaktu inspeksi anda dapat membuat daftar kemungkinan-kemungkinan penyebab kerusakan. Dan ingat bahwa satu kerusakan sering kali dapat menyebabkan kerusakan yang lain lagi.

Gambar 6.7 Menginspeksi mesin

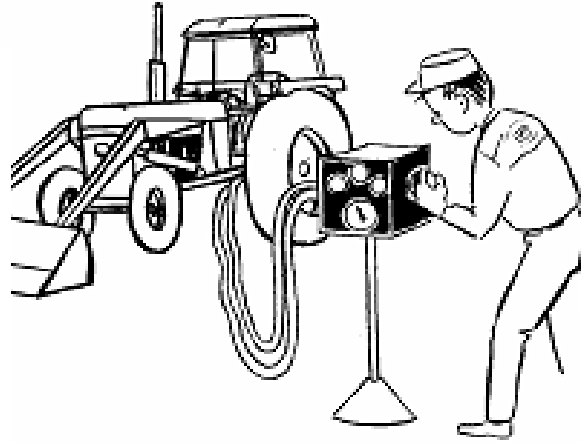
f. Mengambil Kesimpulan

Dari daftar penyebab kerusakan tadi anda dapat membuat analisis untuk menyimpulkan bagian mana yang mengalami gangguan.

Gambar 6.8 Mengambil kesimpulan

g. Mengetes Kesimpulan

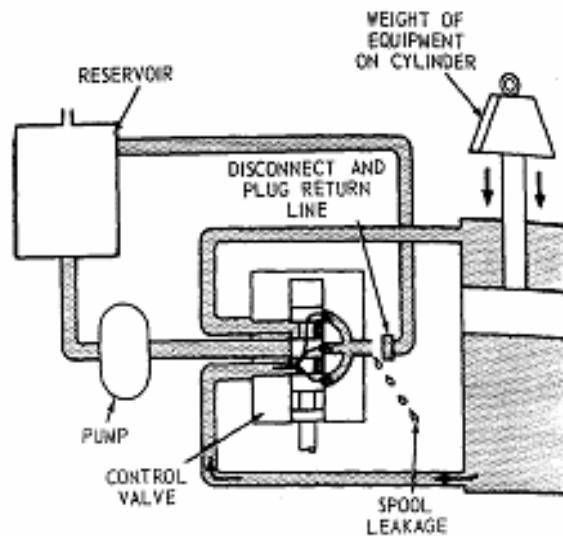
Sekarang untuk tahapan terakhir, sebelum anda mulai merepair, tes dulu kesimpulan anda untuk memastikan kebenaran kesimpulan anda.

Pengetesan dapat secara langsung membongkar konponen kemudian diperiksa secara saksama atau dengan alat tes yang sesuai dengan masalah yang akan dites.

Gambar 6.9 Mengetes kesimpulan

h. Mengetes Kerusakan

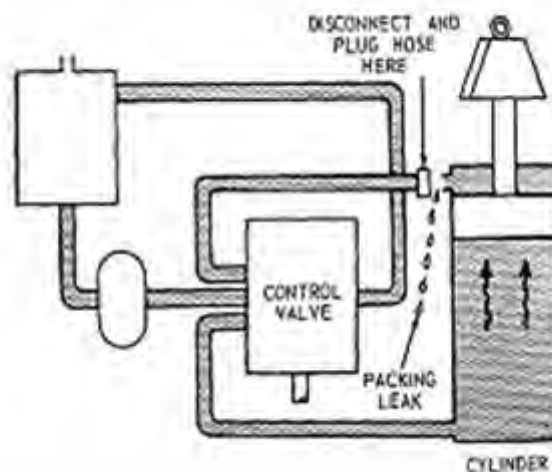
Contoh mengetes kebocoran:

Pengecekan kebocoran pada katup-katup: (Gambar 6-10)

- Hidupkan sistem hidraulik dan gerakkan aktuator beberapa cm ke atas, kemudian posisikan penggerak katup pada posisi netral dan matikan mesin.
- Tahanlah beban (disangga) kemudian lepas selang balik dan tutuplah selang tersebut.
- Setelah itu posisikan penggerak katup kebalikan dengan posisi pertama dan lepaskan penyangga.
- Perhatikan apakah pada lubang katup (port) yang dibuka tadi ada bocoran atau tidak.

Gambar 6.10 Pengecekan kebocoran katup-katup

Pengecekan kebocoran pada silinder (lihat gambar 6-11)

- Hidupkan mesin dan gerakkan piston beberapa cm kemudian matikan kembali.
- Lepas selang pada bagian yang tidak bertekanan dan tutuplah selang tersebut.
- Hidupkan kembali mesin dan perhatikan lubang (port) yang telah terbuka, apakah ada bocoran atau tidak.

Untuk ujung sebaliknya sama seperti itu caranya.

Gambar 6.11 Pengecekan kebocoran silinder

Banyak kesalahan atau gangguan atau malfunctions pada suatu mesin atau sistem dapat ditemukan dengan cepat dengan menggunakan *operational checkout procedures*

yaitu dengan pendekatan: lihat–dengar–rasa. Tetapi untuk gangguan yang cukup kompleks dan perlu keakuratan yang lebih tinggi, penggunaan *hydraulic annalyzer* atau *hydraulic tester* sangat dianjurkan.

Berikut ini adalah contoh menemukan gangguan dengan pendekatan : lihat – dengar–rasa.

Mengetes *cushion* pada silinder kerja ganda

- Hidupkan mesin, kemudian aktifkan silinder penggerak backhoe (misalnya), gerakkan naik-turun. Perhatikan suara dan kecepatan geraknya ketika mendekati akhir langkah.
- Lihat: Kecepatan batang torak ketika mendekati akhir langkah. Apabila cushion masih baik dan berfungsi maka kecepatan batang torak semakin lambat.
- Dengar: Apakah kedengaran suara oli melalui orifice ketika batang torak mendekati akhir langkah ? Seharusnya kedengaran.
- Apabila hasil infestigasi menunjukkan hasil seperti tersebut di atas berati cushion masih baik. Tetapi apabila lain dari yang tersebut di atas berati *cushion* ada kelainan atau rusak.

Mengetes pompa hidraulik dengan Hydraulic Tester

Hydraulic tester atau *hydraulic annalyzer* terdiri atas *pressure gauge* (tekanan tinggi dan rendah), *flow meter*, *temperature gauge* dan katup beban (*pressure load valve*).

Dengan hydraulic tester ini dapat ditest:

- Temperatur. Suhu oli hidraulik harus dicek agar pengetesan berikutnya lebih akurat.
- Aliran (flow). Aliran oli harus dicek (dites) apakah ada perubahan penghasilan pompa.
- Tekanan. Pengetesan tekanan ini untuk mengecek apakah relief valve bekerja dengan sempurna. Sedangkan bila menggunakan closed center sistem, pengecekan tekanan untuk mengidentifikasi bekerjanya pompa utama.
- Kebocoran. Pengetesan kebocoran untuk mengisolasi kebocoran pada setiap komponen yang bocor.

Pengetesan pompa hidraulik merupakan permulaan pengetesan seluruh sistem karena pompa hidraulik merupakan pembangkit aliran fluida ke seluruh sistem, sehingga sebelum pompa beres berarti komponen yang lain belum akan dapat dites.

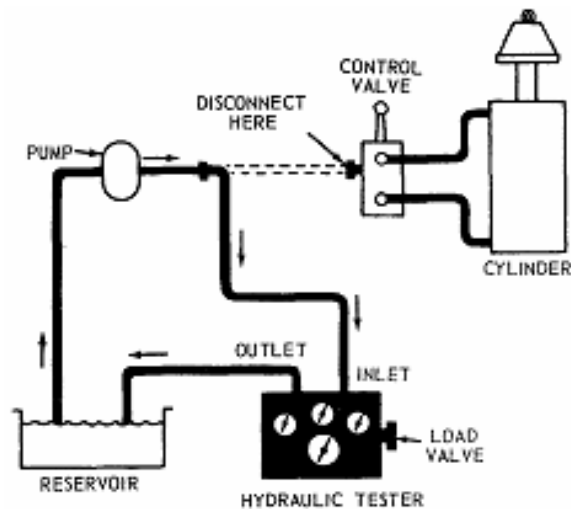
Cara mengetes pompa

1) Menginstalasikan *hydraulic tester.*

- Bebaskan tekanan dalam sistem, lepas selang (konduktor) antara pompa dan katup.
- Sambungkan saluran tekan ke saluran masuk (inlet) hydraulic tester.

- Sambungkan saluran keluar (outlet) hydraulic tester ke tangki hidrolic.
- Periksa permukaan oli (oil level).
- Pastikan bahwa katup beban dalam keadaan terbuka sebelum mesin dihidupkan atau sebelum proses pengetesan distart.
- Kemudian mulailah pengetesan dengan menghidupkan mesin.
- Secara perlahan tutuplah katup beban pada hydraulic tester untuk memberikan beban pada pompa. Tapi ingat! janganlah bebannya melebihi tekanan maksimum. Lanjutkan pembebanan sampai suhu kerja yang normal tercapai. (Suhu kerja normal dapat dilihat pada buku spesifikasi mesin).

2) Mengoperasikan hydraulic tester

- Catatlah besar aliran pompa pada waktu tekanan nol yaitu ketika katup beban terbuka, misalnya tercatat 31 Gln/min.
- Setelah katup beban ditutup, amati kenaikan tekanan dan catatlah besar aliran setiap kenaikan tekanan 250 psi atau 17 bar sampai mencapai tekanan maksimum, misal pada tekanan 2000 psi besar aliran 7,0 Gln/min.

Gambar 6.12 Pengetesan pompa hidraulik

Catatan hasil pengetesan :

Pemilik : …………………………………… Seri …………………………

<table>
<tr><td colspan="12">Model : ……………………………………</td></tr>
<tr><td colspan="2">Tekanan, psi</td><td>0</td><td>250</td><td>500</td><td>750</td><td>1000</td><td>1250</td><td>1500</td><td>1750</td><td>2000</td><td>2250</td></tr>
<tr><td colspan="2">Aliran, Gl/mn</td><td>31,0</td><td>28,0</td><td>25,0</td><td>22,0</td><td>19,0</td><td>16,0</td><td>13,0</td><td>10,0</td><td>7,0</td><td></td></tr>
<tr><td>Circuit.
test</td><td>Direct.
Cyl.trvl</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

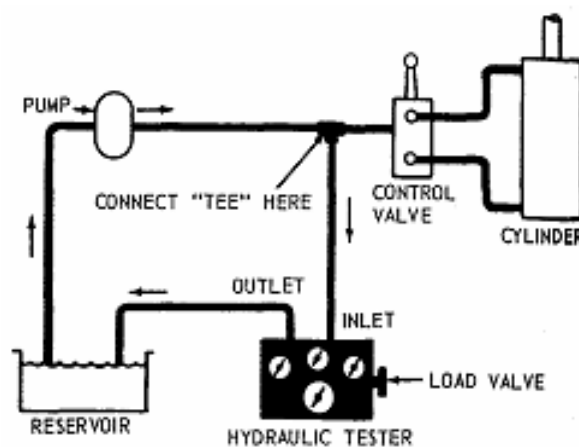
Sebagai pedoman bahwa yang dikatakan pompa tersebut baik ialah apabila jumlah aliran atau flow rate pada tekanan maksimum dapat mencapai paling tidak 75 % dari flow rate pada tekanan nol. Bahkan pada pompa tipe radial piston, variable displacement yang moderen dapat mencapai 90 %. Sehingga bila kita lihat hasil pengetesan yang catatannya tercantum pada tabel di atas, menunjukkan bahwa pompa tersebut adalah pompa yang sudah jelek.

Mengetes Sistem hidraulik.

Cara menginstal *hydraulic tester* seperti terlihat pada gambar 6-13 berikut.

Operasi pengetesan adalah sebagai berikut :

- Buka katup beban (load-valve) pada tester.
- Hidupkan mesin dan stel kecepatannya sesuai dengan rekomendasi pembuatnya.
- Tutuplah katup beban dan perhatikan kenaikan tekanan pada sistem. Catat flow rate setiap kenaika tekanan 250 psi atau 17 bar.
- Buka katup beban untuk mencatat aliran maks. pada tekanan nol.
- Operasikan katup pengatur arah dan tahan pada suatu posisi sesuai dengan keperluan pengetesan.

Gambar 6-13

Pengetesan sistem hidraulik

Pengetesan harus dilakukan pada suhu cairan hidraulik yang sama. Bila terjadi kenaikan suhu maka cairan hidraulik perlu dilewatkan ke sistem pendinginan.

Sebagai pedoman diagnosa hasil pengetesan, bila aliran pada setiap tekanan sama sebagaimana pada pengetesan pompa yang baik berarti seluruh komponen sistem adalah baik. Tetapi bila tekanan telah mulai turun sebelum mencapai beban penuh berarti ada bagian atau komponen dari sistem yang bocor atau telah rusak. Untuk itu teslah bagian atau komponen yang dicurigai dengan cara pengetesan seperti yang tersebut di atas.

Sampai di sini anda telah menyelesaikan bahasan tentang diagnosa gangguan pada sistem hidraulik, selanjutnya selesaikanlah tugas-tugas pada lembar tugas anda.

6.2.3 Perbaikan Komponen Hidraulik

Pada bagian ini anda akan mempelajari cara-cara memperbaiki setiap komponen hidraulik yang mengalami kerusakan. Ternyata sebagian besar gangguan pada sistem hidraulik disebabkan adanya kerusakan pada komponen. Apakah setiap komponen yang rusak itu mesti rusak semua bagiannya? Tentu saja tidak. Mungkin hanya sebagian kecil yang rusak sehingga dapat kita perbaiki, mungkin juga sebagian besar dari komponen itu rusak sehingga tidak dapat diperbaiki lagi.

Untuk mempelajari cara-cara perbaikan komponen, anda akan mempelajari dari setiap komponen itu mengenai hal-hal berikut :

- Diskripsi tentang fungsi-fungsi komponen (sudah dipelajari sebelumnya).
- Gambar komponen (dapat dilihat pada modul hidraulik 1 dan hidraulik 2).
- Bentuk kerusakan.
- Penyebap terjadinya kerusakan.
- Cara mengatasi kerusakan.

Ingat bahwa : Prosedur perbaikan setiap komponen juga harus sesuai dengan sistematika perbaikan yang telah dibahas di depan.

a. Pompa Berisik (*Noisy*)

Penyebab	Mengatasi / Memperbaikinya
1. Udara bocor masuk ke dalam sistem	▪ Pastikan bahwa permukaan oli dalam tangki hidraulik masih pada garis batas sehingga pipa intake masih di bawah permukaan oli, jadi tidak menyedot udara. ▪ Periksa setiap sambungan yang memungkinkan adanya kebocoran seperti seal poros pompa, sambungan pipa atau tubing (konektor) ▪ Cara menemukan kebocoran ialah dengan

Penyebab	Mengatasi / Memperbaikinya
	menuangkan oli pada bagian yang dicurigai bocor, kemudian bila berisiknya berhenti berarti anda telah menemukannya.
2. Timbul gelembung udara dalam saluran masuk.	▪ Perbaikilah bagian tersebut dengan mengeraskan baut konektornya atau mengganti seal.(Ingat mengeraskan baut hanya secukupnya asal bocor telah berhenti).
3. Terjadi *cavitation* (rongga dalam pipa/ saluran hidraulik).	▪ Permukaan oli turun atau pipa intake terpasang di atas permukaan oli. ▪ Tambah oli atau betulkan pemasangan pipa intake. ▪ Kemungkian saluran intake tersumbat, ada bagian yang sobek (berlubang), saringan tersumbat dan pipanya bocor, oli terlampau kental dan sebagainya. ▪ Atasi kemungkinan tersebut dengan membersihkan bagian yang tersumbat, mengganti yang sobek, mengganti oli yang terlalu kental dan sebagainya.
4. Ada bagian yang rusak atau hilang.	▪ Periksa manufacture‟s maintenance instruction. ▪ Kencangkan semua baut-baut pengikat di mana terdapat kebocoran. ▪ Ganti gasket atau packing yang kira-kira aus. ▪ Bila kekentalan oli kurang cocok, ganti saja.
5. Sudu atau kipas dari pompa ada yang macet atau pada katup atau pada piston.	▪ Bagian dari komponen mungkin tertusuk (kemasukan) tatal logam atau sepotong benda atau terlilit majun. Bila demikian bersihkanlah dan setel kembali. ▪ Bila karena oli yang digunakan terlalu pekat atau banyak endapan sehingga komponen menjadi seret (keset) atau susah bergerak, maka bersihkan dengan larutan pembersih, keringkan baru dipasang lagi. ▪ Bila karena korosi dan sudah terlalu jelek, sebaiknya diganti saja dan periksa oli apakah mempunyai daya tahan terhadap korosi.
6. Filter dan strainer sangat kotor atau terlalu kecil.	▪ Bersihkan filter dan strainer dengan pembersih yang cocok. ▪ Ganti filter dan strainer bila terlalu kecil. ▪ Gunakan oli yang dengan kualitas baik yang tidak

Penyebab	Mengatasi / Memperbaikinya
	mudah memberikan endapan.
7. Pompa berputar terlalu cepat.	▪ Periksa buku manual untuk mengetahui berapa putaran maksimum yang direkomendasikan. ▪ Periksa motor penggerak, puli, dan ukuran roda, barang kali ada yang mengganti. Untuk itu sesuaikan / betulkan sesuai dengan yang direkomendasikan.
8. Pompa lepas dari motornya.	▪ Periksa kelurusan (alignment) dari puli pompa dan puli motor. Karena belt dapat lepas disebabkan puli tidak lurus (misalignment) atau terlalu kendor. Keadaan ini kemungkinan disebabkan overheating. ▪ Betulkan alignment dengan menyetel kembali kelurusan puli-puli tersebut. ▪ Setel juga jarak antara puli agar belt tidak terlalu kendor.

b. Pompa tidak memompa

Penyebab	Mengatasi / Memperbaikinya
1. Putaran poros pompa terbalik.	▪ Bila terjadi demikian segeralah dimatikan. ▪ Periksa penginstalan motor, belt, roda gigi dan sebaganya. Biasanya kesalahan penginstalasian motor 3 phase sering membuat motor berputar terbalik. ▪ Betulkan penginstalasian motor dengan memindahkan pemasangan kabel. ▪ Bila belt terpasang bersilang juga mengakibatkan putaran terbalik, maka luruskan.
2. Saluran hisap tersumbat.	▪ Periksa pipa saluran dari tangki ke pompa. ▪ Bila ada pipa yang tersumbat, bersihkan. ▪ Bila filter atau strainer tersumbat , bersihkan.
3. Permukaan oli turun (terlalu rendah).	▪ Tambahkan oli sehingga saluran intake terendam oli.
4. Udara masuk ke dalam	▪ Tuangkan oli pada bagian yang anda curigai bocor,

Penyebab	Mengatasi / Memperbaikinya
saluran hisap (intake).	bila suara beisiknya berhenti berarti dibagian itulah yang bocor. ▪ Kencangkan baut-baut pengikatnya atau perapatnya.
5. Putaran poros pompa terlalu rendah.	▪ Putaran pompa hidraulik telah ditentukan sejak perencanaan. Bila putaran terlalu rendah kemungkinan pompa tidak memompa. Untuk itu periksa berapa putaran pompa yang direkomendasikan. ▪ Turunnya putaran kemungkinan terjadi selip pada belt, maka betulkan (kencangkan) atau mungkin kena oli, bersihkan. ▪ Mungkin salah puli yang dipasang (terlalu besar), ganti dengan puli yang sesuai perbandingannya.
6. Oli terlalu kental.	▪ Keluarkan oli yang terlalu kental kemudian ganti dengan oli yang sesuai.
7. Kerusakan mekanik seperti lepas kopling, poros patah dan sebagainya.	▪ Gantilah bagian yang rusak tersebut dan ingat penggantinya harus sesuai dengan spesifikasi yang diganti.

c. Bocor di sekeliling pompa

Penyebab	Mengatasi / Memperbaikinya
1. Perfak (packing) aus.	▪ Kencangkan penjepitan perfak atau bila tidak sembuh berarti packing beanar-benar sudah aus. Maka gantilah dengan yang baru. ▪ Bila kebocoran disebabkan oleh pengikisan oli, maka segera periksa bagian mana yang mengikis perfak dan perbaikilah.

d. Overheating

Penyebab	Mengatasi / Memperbaikinya
1. Viskositas oli terlalu tinggi.	▪ Ganti dengan oli yang kekentalannya sesuai dengan yang direkomendasikan. ▪ Bila bekerja pada suhu yang relatif tinggi gunakan oli

	dengan indeks viskositas yang tinggi.
2. Kebocoran dalam terlalu besar.	▪ Periksalah keausan dan kehilangan perapatan, kemudian perbaiki dan setel kembali ▪ Viskositas oli terlalu kecil (encer), gantilah dengan oli yang sesuai.
3. Terlalu sering membuang oli pada relief valve.	▪ Terlalu banyak oli yang dilepas lewat relief valve akan menyebabkan panas juga, maka bila demikian setel kembali (reset) relief valve.
4. Penyetelan/perakitan bagian-bagian pompa yang tidak sempurna (kurang kencang, kurang lurus, kurang sejajar).	▪ Bagian-bagian yang kendor, tidak sejajar, missalignment, menyebabkan gesekan yang besar dan menimbulkan panas. ▪ Periksa dan setel kembali hingga sempurna.
5. Pendingin oli tersumbat	▪ Bersihkan pendingin oli dengan meniup hingga bersih atau semprotkan bahan pelarut.

e. Mesin bekerja tak teratur (*Erratic Action*)

Penyebab	Mengatasi / Memperbaikinya
1. Katup-katup, piston dan sebagainya kemungkinan bengkok atau seret.	▪ Pertama-tama periksalah bagian yang dicurigai mendapat kelainan mekanik seperti misalignment pada poros, keausan bearing dan sebagainya. ▪ Carilah tanda-tanda oli yang kotor, oli mengandung vernish, endapan dan sebagainya. ▪ Untuk bagian yang aus perlu diganti, yang bengkok diluruskan bila mungkin. ▪ Tapi ingat bahwa pemakaian oli yang salah dapat mengakibatkan kerusakan mekanik.
2. Mesin sangat lamban pada waktu start pertama.	▪ Ini biasanya disebabkan oli yang terlalu kental, oleh karena itu *warming up* mesin beberapa waktu.

f. Tekanan dalam sistem rendah

Penyebab	Mengatasi / Memperbaikinya
1. Relief valve disetel terlalu rendah.	▪ Untuk memeriksa penyetelan relief valve, bloklah saluran buangnya dan periksalah tekanan pada saluran dengan pressure gauge. ▪ Setel relief untuk tekanan yang dikehendaki.
2. Relief valve terbuka (terganjal).	▪ Bersihkan kotoran atau lumpur (endapan) yang mengganjal relief valve. ▪ Katup yang terganjal ini menandakan bahwa oli yang digunakan kotor, maka bersihkanlah dengan menyaring lagi oli tersebut
3. Kebocoran pada sistem.	▪ Periksalah seluruh sistem. Kebocoran yang besar pada bagian yang terbuka mudah untuk dideteksi, tetapi kebocoran juga sering terjadi pada pipa yang tersembunyi. Untuk mendeteksi kebocoran tadi caranya, pasang pressure gauge pada saluran, tekan dekat pompa, kemudian bloklah sirkuit dengan cepat. Bila pressure gauge menunjukkan penurunan tekanan berarti ada kebocoran di antara titik pengecekan sebelumnya dan titik pressure gauge ini. ▪ Perbaiki kebocoran dengan mengganti pipa.
4. Rusak, aus atau macet pada komponen pompa.	▪ Untuk memeriksanya, pasang pressure gauge dan bloklah sistem pada seberang (dekat) relief valve. Bila tekanan tidak meningkat sedangkan relief valve adalah sehat berarti pompa tidak memompa atau dikatakan ada kelainan atau kerusakan mekanik dalam pompa. ▪ Gantilah bagian yang rusak atau aus itu dengan komponen yang sesuai.
5. Salah penyetelan katup sehingga terjadi hubung singkat oli (*oil shorted circuited*) yang langsung kembali ke tangki .	▪ Kesalahan atau keausan pada katup-katup, piston dan silider dapat menyebabkan kelainan ini . ▪ Gantilah bagian-bagian yang aus tersebut dengan komponen baru yang sesuai.

Sampai disini anda telah menyelesaikan bahasan tentang perbaikan komponen hidraulik, selanjutnya selesaikanlah tugas-tugas pada lembar tugas anda.

6.2.4 Perbaikan/*Overhaul* Sistem Hidraulik

Pada bagian ini anda akan mempelajari sistematika meng*overhaul* sistem hidraulik, sehingga anda akan mampu nantinya melaksanakan *overhaul* sistem hidraulik di bengkel anda.

Apakah ada perbedaan antara perbaikan dan *overhaul* sistem hidraulik? Tentu saja ada.

Perbedaannya ialah bahwa *overhaul* itu merupakan perbaikan secara menyeluruh dari kerusakan mesin / peralatan yang disebabkan oleh keausan atau karena umur pemakaian sudah mencapai jumlah jam kerja yang ditetapkan. Misal 4000 jam kerja untuk sistem hidraulik pada alat berat .

Jadi untuk *overhaul* ini tidak harus ada diagnose karena memang sudah diprediksi/diketahui rusak total.

Sistematika pelaksanaan *overhaul* hampir sama dengan sistematika perbaikan.

Untuk itu pelajarilah uraian berikut!

a. Perencanaan *Overhaul* (*OverhaulPlanning*)

Untuk *overhaul* ini perlu adanya perencanaan yang matang agar lancar pelaksanaannya, tidak boros pembiayaan dan masih menguntungkan. Apa sajakah yang harus direncanakan sebelum pelaksanaan *overhaul* itu?

Hal-hal berikut inilah antara lain yang perlu direncanakan:

1) Perhitungan *overhaul* dan pembiayaan (*budgeting*), meliputi:

   - Perhitungan jenis pekerjaan yang harus dilaksanakan dalam *overhaul*, misalnya pekerjaan bongkar-pasang, pengangkatan (dengan alat berat), pekerjaan pemesinan, pekerjaan elektroplating dan sebagainya. Hal ini perlu diperhitungkan karena akan menyangkut dengan biaya.
   - Perhitungan waktu pengerjaan. Berapa lama mesin/alat akan di*overhaul* sangat menentukan proses produksi karena semakin lama mesin / alat tidak beroperasi semakin banyak erugian.
   - Perhitungan tenaga kerja meliputi tenaga ahli sampai tenaga biasa direncanakan baik tempat kerjanya, lama bekerja dan upah kerjanya.
   - Perhitungan biaya meliputi biaya tenaga kerja, biaya alat, biaya bahan maupun biaya perbaikan komponen atau penggantian komponen. Mengenai perbaikan atau penggantian komponen perlu dipertimbangkan yang mana lebih murah dan lebih baik.

2) Teknisi *overhaul*. Untuk *overhaul* sistem hidraulik ini akan memerlukan beberapa teknisi dari beberapa jenis keahlian, antara lain:

   - Teknisi hidraulik.

- Teknisi listrik dan elektronik.
- Teknisi mekanik.

3) Penjadwalan *Overhaul* (*Overhaul Time Tabling*).
   - Jadwal pelaksanaan *overhaul*, maksudnya kapan *overhaul* ini dilaksanakan sesuai dengan program kerja perusahaan.
   - Jadwal pembongkaran (*dismatling*) dan pemeriksaan komponen.
   - Jadwal perbaikan / penggantian komponen.
   - Jadwal penyatuan kembali (*reasembling*) dan pengujian hasil *overhaul*.

b. Isolasi mesin/ peralatan yang akan di*overhaul*

Yang dimaksud dengan isolasi mesin/peralatan yang akan di*overhaul* ialah memindahkan atau memisahkan mesin tersebut ke bengkel *overhaul* agar terpisah dari mesin/peralatan yang sedang beroperasi. Hal ini dilakukan agar pelaksanaan *overhaul* tidak terganggu dan juga tidak mengganggu. Yang perlu diperhatikan dalam isolasi ini antara lain;

- Prosedur isolasi.

Prosedur yang telah ditetapkan oleh perusahaan perlu dipatuh bersama. Misalnya siapa yang harus melakukan, kapan waktunya, alat apa yang memenuhi syarat yang akan dipergunakan dan sebagainya.

- Prosedur keselamatan kerja.

Agar keselamatan dan kesehatan kerja terjamin kita harus mematuhi prosedur yang berlaku secara umum maupun prosedur yang ada di perusahaan. Khusus untuk sistem hidraulik misalnya, perlu mengosongkan oli bertekanan yang masih ada di dalam sistem.

- Memberikan label (*tagged*) pada sub.assembly yang nantinya akan dipisah-pisahkan untuk mempermudah pada waktu penyatuan kembali (*reassembling*).

c. Pemeriksaan Komponen

Yang dimaksud dengan pemeriksaan komponen ialah pemeriksaan seperti apa bentuk dan jenis kerusakan komponen tersebut kemudian dianalisis dan diuji sejauh mana/seberat apa kerusakan tersebut terjadi.

Langkah-langkah pemeriksaan adalah sebagai berikut:

- Membongkar/memindahkan komponen dari induk mesin/peralatan. Setiap komponen atau sub.assembly dicabut (dipindahkan) dari induk mesin/peralatan kemudian dikirim ke bengkel yang sesuai misalnya sub.assembly gear box dikirim ke bengkel mekanik, sub.assembly kelistrikan dikirim ke bengkel listrik dan sebagainya. Ingat! label atau tagged pada setiap sub.assembly jangan sampai hilang.
- Dismantling atau pembongkaran. Pembongkaran komponen menjadi bagian-bagian terkecil dari komponen atau bijian, hal ini perlu dicermati dan selalu

memperhatikan gambar susunan pada maintenance manual. Alat pembongkaran seperti alat pengencang / pengendor, atau alat pemukul, atau alat pemotong harus benar-benar sesuai atau cocok dengan pekerjaan yang sedang ditangani. Setelah pembongkaran selesai kemudian proses pembersihan atau pencucian dari bagian-bagian terkecil agar mudah diidentifikasi dan diperiksa.

- Pemeriksaan atau pengujian komponen. Karena *overhaul* adalah proses perbaikan menyeluruh dari kerusakan total disebabkan keausan maka untuk bagian-bagian komponen sistem hidraulik yang diprediksi telah aus seperti seal-seal, bearing, pasak/pena dan lain-lainnya, pasti sudah harus diganti kerena aus. Jadi tidak perlu diperiksa lagi. Tetapi bagian-bagian yang lain seperti piston, piston rod, cylinder barrel, valve tube, valve disc, control plunger dan lain sebagainya perlu diperiksa/ditest apakah kondisinya masih baik atau sudah cacat misalnya pengurangan demensi, perubahan bentuk seperti bengkok, tidak sentris atau bahkan retak atau patah.
- Pemeriksaan dan pengujian harus dilakukan oleh teknisi ahli dan didukung dengan alat pemeriks/alat uji yang memadai di bengkel atau lab masing-masing. Ini semua harus dilaksanakan dengan cermat karena hasilnya akan digunakan sebagai landasan pengambilan keputusan selanjutnya.
- Pengambilan keputusan. Dari hasil pemeriksaan dan pengujian kerusakan tadi anda dapat mengambil keputusan apakah bagian tersebut perlu diganti dengan yang baru atau cukup diperbaiki saja. Misalnya poros yang bengkok diluruskan, valve disc yang berkurang ukurannya dapat dilapis lagi (elektro plating) dan sebagainya. Tentu saja harus diperhitungkan bahwa perbaikan ini dijamin akan mencapai kualitas yang sama dengan yang baru dengan biaya lebih murah.

d. Pelaksanaan Perbaikan Komponen

- Teknisi Perbaikan. Dalam menetapkan personel untuk melaksanakan perbaikan ini harus disesuaikan antara kerusakan komponen yang akan diperbaiki dengan kompetensi teknisi pelaksana perbaikan. Kemungkinan memerlukan teknisi ahli apabila memerlukan perbaikan yang sangat presisi.
- Tempat Perbaikan. Maksudnya ialah apakah pelaksanaan perbaikan itu di bengkel sendiri atau harus ke bengkel di luar perusahaan. Karena tidak semua keahlian dan peralatan untuk perbaikan itu dimiliki oleh suatu perusahaan maka pada perbaikan komponen tertentu perlu dibawa ke bengkel lain. Misalnya untuk memperbaiki eksentrisitas dan menguji sentrisitasnya atau untuk perlakuan panas dan sebagainya.
- Alat perbaikan dan alat testing. Alat-alat perbaikan merupakan faktor penentu keberhasilan perbaikan. Oleh karena itu perlu kiranya alat-alat perbaikan tersebut memenuhi persyaratan teknis. Demikian juga alat pengujian (testing tools) harus memenuhi syarat (terstandar), karena apabila alat ujinya tidak standar maka hasil perbaikannya pun tidak akan memenuhi standar.

- Pengetesan hasil perbaikan komponen. Setiap hasil perbaikan, sekecil apapun bagian komponen tersebut, perlu dites sebelum dirakit kembali ke dalam komponen induknya dengan mempergunakan alat-alat tes yang telah disebutkan di atas.

e. Penyatuan Kembali (*Reassembling*)

Penyatuan kembali atau reassembling merupakan pekerjaan akhir dari proses perbaikan atau *overhaul*. Kegiatan reassembling ini sangat tergantung pada pelaksanaan perbaikan komponen. Oleh karena itu monitoring pelaksanaan perbaikan harus dilaksanakan secara konsisten agar jadwal perbaikan yang telah ditetapkan dapat terlaksana secara tepat.

Langkah-langkah *reassembling* dapat anda ikuti sebagai berikut :

- Persiapan. Hal pokok yang harus dilakukan dalam persiapan ini adalah mengumpulkan komponen-komponen yang telah selesai diperbaiki baik yang diperbaik di dalam bengkel sendiri atau pun yang di bengkel luar.
- Periksalah semua komponen apakah sudah terkumpul semuanya dan cocokan dengan gambar kerja. Disamping itu tentu saja dipersiapkan pula alat-alat perakitan dan alat penunjangnya seperti alat angkat, alat keselamatan kerja.
- Jangan lupa persiapkan pula bahan-bahan yang diperlukan seperti oli, grease, selang, udara kempa, kabel dan lain sebagainya.
- Pelaksanaan perakitan. Biasanya sistem hidraulik merupakan bagian atau sub.sistem dari suatu mesin/ peralatan. Dengan demikian pelaksanaan *overhaul*nya kemungkinan bersamaan dengan sub-sistem yang lain tetapi dapat juga hanya sub-sistem hidraulik saja yang di*overhaul*. Komponen yang akan dirakit kembali ini adalah komponen yang telah selesai diperbaiki dan telah dikumpulkan dan juga komponen-komponen baru (*replacement*) seperti : seal, bearing, selang, pegas, cincin washer dan lain sebagainya.
- Dalam pelaksanaan perakitan ini harus selalu dimonitor oleh Supervisor agar tidak terjadi kesalahan. Setelah selesai perakitan, Supervisor perakitan harus memeriksa kembali hasil kerja stafnya sebelum menyerahkan mesin / peralatan yang di*overhaul* ke bagian *quality control* dan *quality assurance*.

f. Pengujian Hasil *Overhaul*.

Untuk pengujian hasil *overhaul* sistem hidraulik yang perlu dilakukan adalah :

- Uji tampak yaitu diperiksa/diamati tata letak pemasangan komponennya, kerapian pemasangan selang-selangnya, kebenaran posisi setiap komponen dan lain lainnya. Apabila secara fisual belum dapat diterima maka bagian quality control perlu mengembalikan hasil *overhaul* tersebut untuk diperbaiki lagi.

- Uji fungsi yaitu menguji setiap komponen apakah sudah dapat bekerja sesuai dengan fungsi masing-masing komponen. Pengujian ini dengan cara menjalankan/menggerakkan semua bagian yang bergerak tanpa beban sambil diamati apakah jalannya/ gerakannya sudah sesuai dengan yang diharapkan.
- Uji coba atau running test yaitu pengujian hasil perbaikan/ *overhaul*, setelah melalui pengujian sebelumnya, dengan cara mengoperasikan mesin/peralatan dengan dibebani mulai dari beban ringan hingga beban penuh selama waktu yang telah ditetapkan. Apabila dalam pengujian masih terdapat kelainan-kelainan maka bagian quality control perlu mengembalikan lagi mesin/peralatan tersebut untuk disetel atau diperbaiki kembali sampai berhasil dengan baik.

Setelah semua pengujian selesai dan dinyatakan baik maka bagian *quality assurance* mengeluarkan sertifikat tanda uji bahwa mesin/peralatan tersebut telah layak untuk dioperasikan lagi.

Sampai di sini anda telah menyelesaikan bahasan tentang perbaikan/*overhaul* sistem hidraulik dan selanjutnya kerjakanlah tugas-tugas dalam lembar tugas anda !

6.2.13 Serah Terima (*Recommisioning*)

Yang dimaksud dengan recommisioning ialah penyerahan kembali mesin/ peralatan yang telah selesai di*overhaul* dari bagian maintenance ke bagian produksi (lini produksi) atau bagian pemakai mesin/peralatan tersebut atau ke pelanggan yang menggunakan jasa *overhaul* di bengkel ini untuk digunakan atau dioperasikan lagi.

a. Prosedur *Recommisioning Hydraulic Sistem*

Dalam penyerahan dan pemakaian kembali mesin/peralatan yang telah selesai di*overhaul* ditempuhlah prosedur berikut :

- Kepala bengkel melaporkan hasil perbaikan/*overhaul* kepada pimpinan perusahaan lengkap dengan data-data hasil perbaikan/*overhaul* dan hasil pengujiannya.
- Pimpinan perusahaan memastikan kebenaran laporan.
- Bila mesin dipakai di perusahaan sendiri maka pimpinan perusahaan melimpahkannya kepada pimpinan produksi atau pimpinan pemakai mesin tersebut.
- Bila mesin adalah kepunyaan pelanggan maka pimpinan perusahaan memberitahukan kepada pelanggan agar yang bersangkutan mengambilnya.
- Mesin hasil perbaikan/*overhaul* diserah terimakan.
- Prosedur penyerahan juga difokuskan pada prosedur adaministrasi.

Hal ini terserah kepada sistem administrasi perusahaan yang bersangkutan .

b. *Verifikasi* hasil perbaikan/*overhaul*

Mesin hasil perbaikan/*overhaul* yang telah diserah terimakan, perlu di*verifikasi* terlebih dulu sebelum dioperasikan untuk produksi.

Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

- Pemasangan kembali (reinstalling) yaitu memasang kembali mesin/ peralatan hasil *overhaul*, yang kemungkinan kembali ke tempat semula atau mungkin pindah ke tempat lain. Bila kembali ke tempat semula tentu saja sarana penunjangnya masih lengkap seperti fondasi, kabel listrik dan kelengkapannya, saluran udara kempa (bagi mesin yang memerlukan) dan lain sebagainya. Tetapi bila pindah tempat, barang kali sarana-sarana penunjang tadi perlu dibuat lagi instalasinya. Setelah semuanya lengkap dan terpasang kemudian mesin/peralatan diperiksa kedatarannya (leveling), dan dikencangkan pengikatannya sekuat mungkin. Setelah itu baru disambungkan ke sumber tegangan listrik dan sumber udara kempa.
- Pemeriksaan pra pengoperasian yaitu apakah oli hidraulik maupun oli pelumas telah diisi sesuai dengan ketentuan, apakah kabel-kabel listrik telah tersambung dengan baik, saluran udara kempa (bagi yang perlu) apakah sudah tersambung denga baik, apakah sistem pendinginan sudah siap dan sebagainya.
- Verifikasi kebenaran operasi mesin/peralatan yaitu pengoperasian percobaan kembali oleh operator, apakah mesin/peralatan dapat dioperasikan seperti semula.
- Pengoperasiannya seperti uji coba (running test) selama waktu yang telah ditetapkan. Setelah mesin/peralatan hasil perbaikan/*overhaul* selesai diuji coba pada lini produksi dan hasilnya memuaskan maka surat tanda serah terima ditanda tangani. Bila masih ada hal-hal yang perlu penyempurnaan maka bengkel perbaikan/*overhaul* seharusnya masih bertanggung jawab untuk menyempurnakan hasil perbaikan tersebut.

c. *Updating* Administrasi Pemeliharaan

Updating administrasi pemeliharaan yaitu memperbaharui kartu-kartu seperti kartu mesin, kartu pemakaian, kartu pengoperasian mesin (bila mungkin ada perubahan karena ada yang dimodifikasi) dan laporan .

Agar proses pemeliharaan selanjutnya berjalan dengan baik, lancar dan berkesinambungan perlu kiranya ada dukungan administrasi yang memadai .

Macam-macam kegiatan administrasi pemeliharaan antara lain :

- Jadwal Pemeliharaan

Kegiatan pemeliharaan preventive perlu dijadwalkan misalnya kegiatan mana yang dilaksanakan secara harian (*daily*), mingguan (*weekly*), bulanan (*monthly*), enam bulanan (*six monthly*) dan tahunan (*yearly*).

Jadwal ini harus dibuat berdasarkan petunjuk dari buku petunjuk pemeliharaan (*maitenace manual*). Dengan jadwal tersebut berarti kita sebagai teknisi atau pun sebagai supervisor dapat mempedomani untuk bekerja.

- Kartu Pemeliharaan (*Maintenance Record*)

Kartu pemeliharaan ini perlu dibuat untuk mencatat segala perbaikan yang telah dilakukan terhadap suatu mesin/peralatan. Kartu ini berupa tabel yang berisi waktu pelaksanaan (tanggal),jenis perbaikan,spare part dan bahan yang digunakan serta petugas pelaksana.

Kartu Pemeliharaan

Tanggal	Jenis perbaikan	Spareparts	Bahan	Petugas Nama/paraf

Inventarisasi Pemeliharaan

Sistem inventarisasi ini akan membantu menertibkan pelaksanaan pemeliharaan karena semua yang kita perlukan telah dicatat. Dengan tercatatnya segala sesuatu kita akan mudah menemukan hal-hal yang kita perlukan.

Hal-hal yang perlu diinventarisasikan antara lain :

- Alat-alat pemeliharaan dan perbaikan termasuk alat pengujian.
- Bahan pemeliharaan dan spare part.
- Buku-buku manual dan katalog.
- Mesin atau peralatan itu sendiri.

Disamping itu harus tercatat pula antara lain :

- Komponen-komponen yang dapat diperbaiki untuk dipasang kembali untuk dapat menentukan komponen yang diperlukan kita harus dapat membaca katalog untuk memilih spesifikasi komponen yang tepat.
- Gudang atau tempat komponen bekas dan catatan barang-barang yang akan dibuang atau barang kali masih dapat dihibahkan kepada orang lain.

Sampai di sini anda telah menyelesaikan bahasan tentang *recommissioning* hasil perbaikan/*overhaul* sistem hidraulik . Selanjutnya kerjakanlah tugas-tugas pada lembar tugas anda

6.3 Rangkuman:

(1) Perbaikan (*Repair fault*) ialah suatu tindakan terhadap mesin/peralatan/fasilitas yang mengalami kerusakan untuk mengembalikan kepada kondisi semula agar fasilitas tersebut dapat berfungsi kembali.

Kegiatan perbaikan sistem hidraulik juga harus mengikuti sistematika perbaikan secara umum.

Kegiatan Perbaikan meliputi :

- Diagnose kerusakan merujuk kepada adanya tanda-tanda kerusakan.
- Analisis kerusakan meliputi analisis jenis kerusakan, analisis alat dan bahan perbaikan, analisis kebutuhan dana perbaikan, analisis waktu pelaksanaan, analisis tenaga pelaksana perbaikan dan lain sebagainya.
- Perencanaan perbaikan merujuk kepada hasil analisis kerusakan, baik perencanaan biaya maupun penjadwalannya.
- Pelaksanan perbaikan meliputi pembongkaran pemeriksaan kerusakan, perbaikan, perakitan kembali, pemeriksaan *quality control*.
- Pengujian hasil perbaikan.

(2) Kegiatan perbaikan besar atau *overhaul* langkah-langkah kegiatannya sama seperti kegiatan perbaikan.

(3) *Recommisioning*:

- Prosedur serah terima.
- Verifikasi hasil perbaikan.
- Penyempurnaan administrasi pemeliharaan.

6.4 Tugas:

Tugas 1. Membuat rangkuman materi tentang cara-cara menemukan gangguan.

Buatlah rangkuman secara singkat tentang cara-cara menemukan kesalahan/gangguan yang isinya meliputi :

(a). Tanda-tanda kerusakan/ gangguan.

(b). Sistematika menemukan gangguan.

(c). Sebab-sebab terjadinya kerusakan dan cara menemukannya.

Setelah selesai pembuatan rangkuman ini periksakanlah kepada pelatih anda.

Tugas 2 Diskusi tentang cara menemukan gangguan/ kesalahan

Diskusikanlah dengan teman anda/grup anda hal-hal berikut:

(a). Sistem hidraulik tidak dapat bekerja sejak awal (tidak dapat distart). Apa saja penyebabnya dan bagaimana alternatif menemukan gangguannya ?

(b). Sistem hidraulik tiba-tiba berhenti. Perkirakan apa saja penyebabnya dan bagaimana menemukan gangguannya ?

(c). Sistem hidraulik mendengung (*huming*). Apa kira-kira penyebabnya dan bagaimana menemukannya ?

(d). Sistem hidraulik suhunya menjadi cukup tinggi, tidak seperti biasanya. Apa kira-kira penyebabnya dan bagaimana menemukannya ?

(e). Pada sistem hidraulik tercium bau kebakaran. Apa kira-kira penyebabnya dan bagai mana cara mencarinya ?

Setelah selesai tulislah hasil diskusi anda kemudian laporkanlah kepada Pelatih anda dan mintalah pelatih anda untuk meyakinkan bahwa anda telah menguasai materi tersebut!

Tugas 3 Menemukan kerusakan/gangguan pada sistem hidraulik

Perhatikan sirkuit hidraulik berikut ini, kemudian kerjakan tugas berikut:

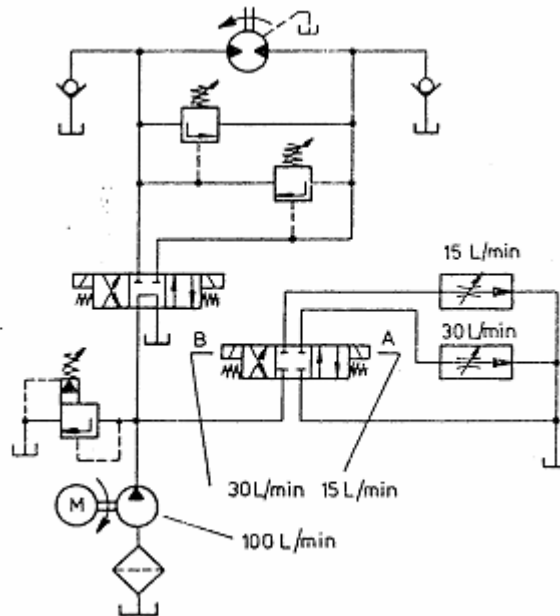
(a). Sebutkan nama-nama komponen yang ada pada sirkuit tersebut!

(b). Jelaskan cara kerja sirkuit!

(c). Rakitlah sirkuit tersebut pada *profile plate* yang ada!

(d). Operasikan sirkuit tersebut pada alternatif perubahan jumlah aliran yang ada!

(e). Coba analisis bila motor hidraulik setelah berjalan kemudian akan dibalik arah putarannya tetapi tidak mau berbalik arah, apa penyebabnya dan bagaimana mengatasinya!

(f). Apa yang kira-kira akan terjadi bila *relief valve* pada pompa disetel kendor?

Gambar 4.14 Sirkuit hidraulik

Tugas 4 Menemukan dan mengidentifikasi kerusakan komponen

Ambillah komponen-komponen berikut kemudian lakukan pembongkaran (*desmantling*). Setelah itu amati dan identifikasi, apakah komponen tersebut ada kerusakan, kalau ada pada bagian mana dan bila tidak beri alasannya.

Komponen berikut adalah:

(1) Pompa hidraulik.

(2) Filter.

(3) Pressure gauge.

(4) Katup 4/2 manually.

(5) Katup 4/3 .double solenoide.

(6) Silinder kerja ganda.

(7) Check valve.

(8) Selang.

(9) Regulator.

Setelah selesai setiap job laporkanlah kepada pelatih anda kemudian mintalah pelatih anda untuk meyakinkan bahwa anda telah menguasai materi tersebut!

Tugas 5 Mengganti atau memperbaiki kerusakan komponen

Lanjutkanlah tugas No. 4 dengan memperbaiki atau mengganti komponen-komponen yang anda nyatakan rusak.

Ambilah masing-masing peserta 1 (satu) buah komponen, kemudian tuliskan namanya, fungsi komponen tersebut, nama bagian-bagian dan fungsi setiap bagian tersebut, spesifikasi umum, cara kerja dan cara pemeliharaannya.

Kemudian pertukarkan di antara peserta.

……………………………………..………………………………………………

……………………………………..……………………………………………

……………………………………..………………………………………………

……………………………………………………………………………………

Tugas 6 Membuat rangkuman untuk pendalaman materi

Buatlah rangkuman tentang *overhaul* sistem hidraulik, yang isinya meliputi:

(1) Perencanaan *overhaul*.

(2) Perhitungan *overhaul*.

(3) Penjadwalan perbaikan komponen.

(4) *Reassembling*.

(5) Pengujian hasil *overhaul*.

(6) *Recommissioning*.

Tugas 7 Pemilihan spesifikasi komponen

Pilihlah komponen-komponen pengganti pada proses *overhaul* berdasarkan katalog. Untuk itu buat dulu spesifikasi komponen berikut !

- *Pressure gauge.*
- *Flexible hose.*
- *Double acting cylinder*.
- Katup 4/3, *single solenoid spring return*.
- *Piston ring.*
- *Cylinder seal.*
- *Filter.*
- *Reducing valve* (*regulator*).

Tugas 8 Memperbaharui/memodifikasi perangkat administrasi pemeliharaan.

Setelah selasai *overhaul* dan mesin/alat akan digunakan kembali (*recommissioning*), maka perangkat administrasinya juga perlu diperbaharui atau bahkan mungkin ada yang

dimodifikasi misalnya prosedur pengoperasian berbeda dengan yang dulu, karena adanya modifikasi mesin

Untuk itu coba anda rancang jenis kartu apa yang diperlukan dan diskusikan untuk pembuatannya.

6.5 Tes Formatif:

Kerjakanlah soal-soal berikut dengan cermat !

1. Apakah maksud dan tujuan perbaikan?
2. Coba sebutkan langkah-langkah perbaikan sesuai dengan sistematika!
3. Apakah pentingnya diagnose kerusakan?
4. Adanya kerusakan dalam suatu sistem biasanya ditengarai dengan tanda-tanda. Sebutkan tanda-tanda tersebut!
5. Langkah-langkah apakah seseorang harus melakukan agar dapat mendiagnosa dengan tepat?
6. Aspek apa saja yang menentukan keberhasilan diagnosa?
7. Di dalam analisis kerusakan apa saja yang perlu dianalisis?
8. Apa saja yang harus direncanakan dalam perencanaan perbaikan?

9. Apa perbedaan antara *overhaul* dengan perbaikan darurat?
10. Di dalam kegiatan *overhaul* ada istilah *isolasi* dan *tagging*. Apakah yang dimaksud dari istilah itu?
11. Penilaian perbaikan dilakukan dengan menguji hasil perbaikan. Pengujian apa sajakah yang harus dilakukan
12. Apa yang dimaksud dengan verifikasi hasil perbaikan pada prosedur recommisioning?

6.6 Kunci Jawaban Tes Formatif:

1 Perbaikan (Repair fault) ialah suatu tindakan terhadap mesin/peralatan fasilitas yang mengalami kerusakan untuk mengembalikan kepada kondisi semula dengan tujuan agar fasilitas tersebut dapat berfungsi kembali

2 Langkah-langkah perbaikan:

   a. Diagnosa kerusakan.
   b. Analisis kerusakan.
   c. Perencanaan perbaikan.
   d. Pelaksanaan perbaikan.
   e. Penyatuan/perakitan kembali.
   f. Penilaian/pengujian hasil perbaikan .
   g. Recommisioning.

3 Pentingnya diagnosa ialah menemukan obyek yang tepat sehingga proses perbaikan lebih cepat, tetapi kesalahan diagnosa menyebabkan kegagalan yang fatal.

4 Tanda-tanda kerusakan:

   a. Mesin/pesawat berhenti/mogok.
   b. Terjadinya getaran yang berlebihan.
   c. Peningkatan suhu.
   d. Timbul suara-suara asing.
   e. Timbulnya bau-bauan asing.

5 Langkah-langkah yang harus dilakukan agar bisa mendiagnosa dengan tepat, ialah:

   a. Menguasai sistem.
   b. Mencari informasi dari operator.
   c. Mengoperasikan mesin bila mesin masih dapat dioperasikan.
   d. Menginspeksi atau memeriksa mesin/sistem.
   e. Membuat daftar kemungkinan penyebab gangguan.
   f. Buat kesimpulan atas dasar analisis.
   g. Uji kesimpulan anda untuk mengambil keputusan.

6 Aspek yang menentukan keberhasilan diagnosa adalah: Keterampilan dan pengalaman Teknisi serta peralatan yang cukup.

7 Kerusakan-kerusakan yang perlu dianalisis adalah: Jenis atau tipe kerusakan, cara perbaikan, alat/ bahan/ komponen untuk perbaikan, biaya perbaikan, waktu/ perkiraan lamanya perbaikan.

8 Yang harus direncanakan dalam perbaikan adalah: Prosedur perbaikan, jadwal perbaikan, dan biaya perbaikan.

9 Perbedaan Overhaul dengan Perbaikan Darurat. Perbedaannya ialah bahwa *overhaul* itu merupakan perbaikan secara menyeluruh dari kerusakan mesin/ peralatan yang disebabkan oleh keausan atau karena umur pemakaian sudah mencapai jumlah jam kerja yang ditetapkan. Sedangkan perbaikan emergensi disebabkan kecelakaan.

10 ***Isolasi*** artinya memisahkan mesin yang akan di*overhaul* dipisahkan dari mesin yang dipakai ke ruang /bengkel *overhaul*. Sedangkan ***tagging*** pemberian label-label pada sub *assembly* dari mesin yang akan di*overhaul*.

11 Pengujian hasil perbaikan yang harus dilakukan ialah:

   a. Uji tampak/visual.
   b. Uji fungsi setiap komponen.
   c. Uji coba kemampuan/ uji performance.

12 Yang dimaksud dengan verifikasi hasil perbaikan pada prosedur recommisioning adalah: Menguji ulang hasil perbaikan di lokasi di mana mesin tersebut diserah terimakan dan dilaksanakan oleh pemakai.

7. Kegiatan Belajar 7 Pengenalan Cairan Hidraulik

7.1 Tujuan Pembelajaran 7

Setelah selesai mempelajari seluruh isi yang terkandung dalam kegiatan pembelajaran ini, diharapkan siswa dapat:

(1) Menjelaskan kegunaan utama cairan hidraulik.

(2) Menjelaskan fungsi-fungsi lain dari cairan hidraulik.

(3) Menjelaskan syarat-syarat yang harus dimiliki oleh cairan hidraulik.

(4) Menjelaskan jenis-jenis cairan hidraulik yang digunakan pada sistem hidraulik.

(5) Menerapkan penggunaan cairan hidraulik pada sistem hidraulik pesawat udara.

(6) Mengaplikasikan penanganan dan penyimpanan cairan hidraulik.

7.2 Uraian Materi 7

Pada sistem hidraulik menggunakan fluida sebagai media untuk pemindahan, pengaturan dan pengendaliangerakan-gerakan. Sehingga persoalan fluida (minyak hidraulik) bertanggung jawab atas terjadinya kegagalan yang terjadi pada sistem hidraulik.

Oleh sebab itu pemeriksaan secara teratur pada temperatur, kondisi dan ketinggian fluida adalah hal yang amat sangat penting dilakukan oleh seorang tehnisi. Panas yang tinggi dapat terjadi karena aliran yang keluar dengan penurunan tekanan yang besar, sehingga energi yang hilang berubah menjadi panas. Jadi agar sistem hidraulik dapat selalu bekerja pada suhu normal, bukan hanya *oil cooler* saja yang harus berfungsi dengan baik, tetapi juga seluruh permukaan komponen dari sistem hidraulik harus selalu bersih supaya panas bisa memancar keluar dengan baik.

Menjaga agar sistem hidraulik dalam keadaan bersih adalah hal yang terbaik, selain kebersihan sistem selalu terjaga kemungkinan adanya gangguan dan kerusakan pada komponen dapat diketahui lebih dini.

7.2.1 Cairan hidraulik untuk penggunaan umum

Pada dasarnya setiap cairan dapat digunakan untuk menstransfer tenaga tekanan. Namun demikian sebagai instalasi sistem hidraulik, karakteristik lain dari cairan hidraulik juga diperlukan, sejumlah cairan yang cocok atau sesuai adalah sangat dibatasi.

Sebagai cairan hidraulik, air menyebabkan berbagai masalah terkait dengan korosi, titik didih, titik beku, dan kekentalannya yang rendah.

Cairan hidraulik berbasis minyak mineral yang juga dikenal sebagai minyak hidraulik adalah paling memenuhi sebagian besar kebutuhan normal (contohnya untuk peralatan mesin). Mereka digunakan secara luas.

Cairan hidraulik dengan perangsangan rendah (*low inflammability*) diperlukan untuk sistem hidraulik dengan risiko kebakaran yang tinggi seperti pada contoh:

- Penambangan batubara keras
- Mesin tuang-cetak
- Mesin pres tempa
- Unit kontrol turbine pembangkit listrik
- Pekerjaan logam dan penggilingan roll

Dari semua aplikasi ini, adalah berisiko dengan menggunakan cairan hidraulik berbahan dasar minyak mineral karena akan terbakarpada bagian logam yang dipanaskan secara intensif. Campuran minyak berisi air atau minyak sintetis digunakan disini ditempat minyak standar.

Tugas Cairan Hidraulik

Cairan hidraulik digunakan pada instalasi hidraulik harus bisa memenuhi tugas yang sangat bervariasi, yaitu:

- Memindahkan tekanan,
- Pelumas pada komponen atau peralatan yang bergerak,
- Pendingin, contoh pada pengalihan panas yang dihasilkan oleh konversi energi (kehilangan tekanan),
- Bantalan berayun (osilasi) yang disebabkan oleh hentakan tekanan,
- Pelindung korosi,
- Penghaps lecet atau goresan,
- Pengirim atau transmisi sinyal.

Jenis-jenis Cairan Hidraulik

Dalam dua kelompok, yaitu: minyak hidraulik dan cairan hidraulik dengan perangsangan rendah, ada berbagai jenis cairan dengan karakteristik yang berbeda. Karakteristik ini ditentukan oleh cairan dasar dan sejumlah kecil bahan tambah (aditif).

Ada beberapa standar penamaan atau penandaan cairan hidraulik, untuk keperluan umum biasanya mengacu pada DIN ("Deutsches Institut für Normung"), dari suatu lembaga standar di Jerman, yaitu "German institute for standardisation".

Untuk penggunaan pada pesawat terbang disarankan mengacu pada *FAA* (*Federal Aviation Administration*) di Amerika atau mengacu pada standa *EASA* (*European Aviation Safety Agency)* di Eropa.

Minyak hidraulik pada standar minyak hidraulik DIN 51524 dan 51525 dibagi sesuai dengan karakteristik dan komposisinya ke dalam tiga kelas, yaitu:

- Minyak hidraulik HL
- Minyak hidraulik HLP
- Minyak hidraulik HV

Sebutan untuk minyak ini terdiri dari huruf H untuk minyak Hidraulik dan huruf tambahan untuk bahan tambah aditif.

Kode huruf tersebut disertai dengan kode viskositas yang didefinisikan dalam DIN 51517 (kelas viskositas ISO).

Tabel 7.1
Minyak hidraulik untuk Sistem Hidraulik

Designation	Special characteristics	Areas of application
HL	Increased corrosion protection and ageing stability	Systems in which high thermal demands are made or corrosion through immersion in water is possible.
HLP	Increased wearing protection	Like HL oil, also for use in systems where variable high friction occurs owing to design or operating factors.
HV	Improved viscosity-temperature characteristics	Like HLP oil, for use in widely fluctuating and low ambient temperatures.

Tabel 7.2
Minyak Hidraulik HLP 68

HLP 68	H: hydraulic oil L: with additives to increase corrosion protection and/ or ageing stability P: with additives to reduce and/or increase load carrying ability 68: Viscosity code as defined in DIN 51517

Cairan hidraulik dengan perangsangan rendah (*low inflammability*)

Adalah cairan hidraulik sintetis yang tersusun secara kimiawi sehingga uapnya tidak mudah terbakar.

Tabel yang ditampilkan di sini memberikan gambaran cairan hidraulik dengan perangsangan (sifat mudah terbakar) rendah (cairan HF). Mereka juga dijelaskan dalam lembaran standar VDMA 24.317 dan 24.320

Tabel 7.3
Minyak Hidraulik dengan perangsangan rendah

Abbreviated code	VDMA standard sheet no.	Composition	Water content in %
HFA	24 320	Oil-water emulsions	80 ... 98
HFB	24 317	Water-oil emulsions	40
HFC	24 317	Hydrous solutions, e.g. water-glycol	35...55
HFD	24 317	Anhydrous liquid, e.g. phosphate ether	0...0,1

Karakteristik dan Persyaratan

Untuk minyak hidraulik untuk dapat memenuhi persyaratan yang tercantum di atas, mereka harus menunjukkan kualitas tertentu di bawah kondisi operasi yang relevan.

Beberapa sifat-sifat ini tercantum di sini:

- Kepadatan serendah mungkin;
- Kompresibilitas minimal;
- Viskositas tidak terlalu rendah (bisa membentuk film pelumas);
- Baik karakteristik suhu-viskositasnya (*viscosity-temperature*);
- Baik karakteristik tekanan-viskositasnya (*viscosity-pressure*);
- Stabilitas penuaan yang baik (*good ageing stability*);
- Sifat mudah terbakar rendah (*low flammability*);

- Kesesuaian (kompatibilitas) bahan yang baik;

Selain itu, minyak hidraulik harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

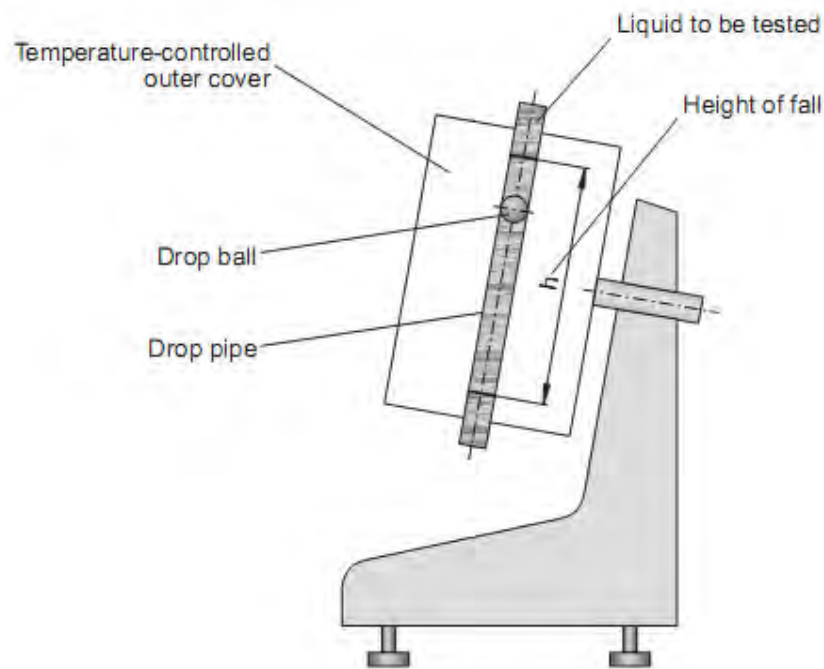
- Bebas dari kandungan udara (*air release*);
- Tidak berbuih (*non-frothing*);
- Tahan terhadap dingin (*resistance to cold*);
- Pelindung aus dan korosi (*wear and corrosion protection*);
- Dapat memisahkan air (*water separable*).

Fitur yang membedakan paling penting dari hidraulik adalah viskositas.

Viskositas

Kata viskositas dapat didefinisikan sebagai “ketahanan terhadap aliran”. Viskositas suatu cairan mengindikasikan gesekan internalnya, perlawanan yang harus di atasi untuk memindahkan dua lapisan cairan yang berdekatan terhadap satu sama lain. Dengan demikian, viskositas adalah ukuran seberapa mudah cairan dapat dituangkan atau dialirkan.

Sistem internasional standar mendefinisikan viskositas sebagai "viskositas kinematik" (satuan viskositas: mm^2/s). Salah satu alat untuk mengukur viskositas cairan adalah dengan menggunakan Viskometer Bola (gambar. 7-1).

ViskometerBola juga dapat digunakan untuk menentukan viskositas kinematik. Dapat digunakan untuk mengukur nilai viskositas secara presisi di area yang luas. Pengukuran dilakukan untuk menentukan kecepatan di mana tubuh bola tenggelam dalam cairan di bawah pengaruh gravitasi. Untuk menemukan viskositas kinematik, perlu membagi nilai yang ditentukan dengan menggunakan viskometer bola dengan densitas fluida.

Gambar 7.1 Viskometer Bola (*Ball Viscometer*)

Kondisi fluida dalam sebuah sistem hidraulik sangat penting dalam hal memepertahankan reiabilitasnya, karena fluida yang kotor, teroksidasi atau terkontaminasi oleh air akan membentuk suatu endapan bergetah dan lengket. Endapan ini dapat menghambat lubang-lubang kecil . Fluida harus stabil secara kimia dan tidak mengalami oksidasi. Temperatur fluida sangat mempengaruhi laju oksidasi karena oksidasi naik secara cepat dengan bertambahnya temperatur. Untuk itu perlu kiranya mengetahui jenis-jenis fluida yang digunakan pada industri dan teknik otomotif secara garis besar dapat digolongkan dalam dua jenis utama yaitu:

a. *Fire Resistance Oils*

Fire Resistance Oils digunakan terutama pada industri di mana bahaya api sangat tinggi atau di mana api dapat mengakibatkan malapetaka. Dalam penggunaan fluida jenis ini tergantung pada, tingkat resistance kebakaran, temperatur range, kesehatan pekerja dan lain – lainnya. *Fire Resistance Oils* dapat diklasifikasikan dalam 3 katagori yaitu:

a.1. *Water Based Fluids*

Yaitu berupa cairan yang terdiri dari minyak yang larut ke dalam 35% air digunakan untuk temperatur kerja di bawah 60 derajat Celcius

a.2. *Water Containing Fluids*

Yaitu berupa cairan yang terdiri dari air yang bersatu dengan minyak atau air bersatu dengan zat glycol

a.3. *Synthetic Fluids*

Yaitu berupa cairan yang terdirir dari larutan semacam phospat atau campuran phospat dengan mineral oil. Dapat merusak seal dan cat pada

engine, tetapi temperaur kerjanya tinggi dapat mencapai maksimum 150 derajat Celcius.

b. *Hydraulic Mineral Oils*

Hydraulic Mineral Oil digunakan secara luas dalam sistem pelumasan hidraulik mesin industri dan automotive. Hydaulic Mineral Oils dikelompokan dalam 6 katagori yaitu.

b.1. *Straight Meneral Oils*

Fluida ini tidak berisi additive sehingga cocok untuk pelumasan pada dongkrak hidraulik yang biasa dan peralatan mesin cetak, tetapi belum digunakan secara luas.

b.2. *Rust and Oxidation* (*R & O*) *Oils*

Fluida ini mengandung additive anti karat dan anti oksidasi serta kadang – kadang mengandung pula additive anti busa. Fluida ini cocok dugunakan untuk pompa – pompa yang tidak mengharuskan menggunakan anti wear.

b.3. *Anti Wear Oils*

Fluida ini pada dasarnya adalah fluida R & O yang ditambah dengan anti wear additive dan dianggap sebagai fluida pelumas mutu tinggi. Fluida ini sangat banyak digunakan orang sebagai pelumas.

b.4. Improvid V.I. Oils

Fluida ini mengandung additive viscosity index improver disamping mengandung pula additive – additive lainnya seperti pada fluida sebelumnya. Fluida ini digunakan pada operasi temperatur range yang luas pada mesin yang memerlukan pengontrolan yang cermat.

b.5. Combined Hydraulic / Slideway Oils

Pada dasarnya fluida ini termasuk ke dalam fluida katagori b.3. namun ditambah dengan additive pencegah gesekan.

b.6. Automatc Tramsmission Fluids

Fluida ini memiliki viscosity index yang tinggi sekali dan ditambah dengan additive yang sifetnya mengubah jalannya pergeseran untuk penyerasiaan. Fluida ini hanya digunakan untuk kendaraan berat dan mobil yang menggunakan transmisi otomatis dan fower steering.

Fluida dalam sistem hidraulik digunakan untuk mengangkut energi dan menghasilkan gaya yang dibutuhkan pada pada aktuator. Mengingat hal tersebut maka perawatan pada fluida hidraulik menjadi sangat penting. Sehingga perlu dibuatkan jadwal khusus untuk pemeriksaan dan penggantian fluida (minyak hidraulik).

Kehandalan sistem hidraulik sangat dipengaruhi oleh keadaan fluida. Kontaminasi dengan kotoran dan oksigen dalam udara akan menyebabkan perubahan yang mengganggu karakteristik serta membentuk Lumpur atau perekat. Keadaan ini akan menurunkan kemampuan fluida yang akan menyebabkan kerusakan pada sistem hidraulik.

Untuk menjaga agar keadaan fluida tetap baik, lakukanlah penyimpanan sesuai petunjuk pabrik atau lakukan sebagai berikut:

- Simpanlah fluida dalam drum dan tempatkan di bawah atap
- Sebelum mebuka drum bersihkan dahulu permukaan drum
- Untuk mengambil fluida dari drum gunakan jerigen (tempat),
- selang yang bersih dan saringan.
- Perhatikan kelembaban udara pada ruangan penyimpanan.

Jangan mencampur cairan/fluida hidraulik dengan minyak plumas atau cairan pembersih. Untuk mengisi fluida pada reservoir gunakan tempat yang bersih. Hindari terjadinya tumpahan fluida/cairan hidraulik saat mengisi,bila tumpah bersihkan langsung dengan air.

Untuk fluda/cairan hidraulik bekas jangan membuang langsung ke tanah atau air karena dapat menimbulkan polusi lingkungan.

Gambar. 7-2.

Jangan membuang fluida ke tanah/air

7.2.2 Cairan hidraulik untuk penggunaan pada Pesawat Udara:

Penggunaan Cairan Hidraulik pada Pesawat Udara. (Mengacu pada Silabus EASA Part 66)

Hampir semua jenis cairan dapat digunakan dalam sistem hidraulik, tetapi persyaratan khusus sistem pesawat telah mengharuskan penggunaan minyak-minyak berbahan dasar nabati (*vegetable-based*), berbahan dasar mineral (*mineral-based*), dan berbahan dasar tiruan atau sintetis (*synthetic-based*) yang selanjutnya dikenal sebagai cairan hidraulik, yang memiliki sifat sebagai berikut:

- Mereka memberikan pelumasan yang baik pada komponen.

- Viskositas mereka sudah cukup rendah untuk meminimalkan gesekan dalam pipa dan memungkinkan operasi berkecepatan tinggi pada motor dan pompa, tapi sudah cukup tinggi untuk mencegah kebocoran dari komponen.
- Mereka mencegah korosi internal sistem.
- Mereka memiliki rentang suhu operasional yang luas.

Cairan diberi berwarna untuk tujuan penandaan, dan cairan untuk spesifikasi yang berbeda tidak boleh dicampur, cairan untuk spesifikasi yang sama, tapi diproduksi oleh produsen yang berbeda, mungkin bisa dicampur jika diperkenankan oleh Manual Pemeliharaan yang tepat.

Penggunaancairan yang tidak disetujui untuk sistem tertentu dapat menyebabkan kerusakan yang cepat pada segel, selang, dan bagian non-logam lainnya, dan dapat membuat sistem tidak beroperasi.

Cairan Berbahan Dasar Nabati (*Vegetable Based Fluids*)

Cairan berbahan dasar nabati umumnya hampir semuanya tidak berwarna, dan harus digunakan dengan sil dan selang-selang karet murni atau karet alam. Ia digunakan pada beberapa sistem rem, tapi jarang ditemukan pada sistem tenaga hidraulik.

Cairan Berbahan Dasa Mineral (*Mineral Based Fluids*)

Cairan hidraulik berbahan dasar mineral umumnya berwarna merah, dan harus digunakan dengan sil dan selang-selang berbahan karet sintetis atau karet tiruan. Ia secara luas digunakan pada sistem rem pesawat ringan, sistem tenaga hidraulik, penopang peredam kejut.

Cairan Berbahan Dasa Ester Phosphate (*Phosphate Ester Based Fluids*)

Phosphate Ester Based Fluids secara luas digunakan pada pesawat modern, terutama dikarenakan ketahanannya terhadap bahaya kebakaran dan rentang temperatur kerja yang luas. Ia mungkin berwarna hijau (*green*), ungu (*purple*) atau orange (*amber*), dan hanya boleh digunakan dengan sil dan selang-selang yang berbahan karet butil (*butyl rubber*), ethil propelin (*ethylene propylene*) atau teflon.

Cairan ini memerlukan perawatan ekstra dalam menanganinya dikarenakan bersifat memedihkan atau iritasi (*irritant*) pada kulit dan mata. Suatu krim penangkal khusus (*barrier cream*) perlu dioleskan pada tangan atau lengan, dan sarung tangan penahan cairan perlu dipakai kapan saja operasi pelayanan pada sistem hidraulik dilakukan, sebagai tambahan kacamata juga harus selalu digunakan kapan saja jika ada kemungkinan cipratan cairan ke mata, seperti ketika mengetes tekanan atau membuang udara (*bleeding*) dari komponen-komponen.

Tumpahan cairan harus dihindari, tetapi jika ini terjadi, daerah yang terkena tumpahan harus segera dibersihkan atau dilap dengan menggunakan kain kering, dan kemudian dicuci menggunakan sabun dan air panas.

Dalam penglihatan ketidakcocokan dari cairan-cairan berbeda, ini adalah penting bahwa setiap kontainer, atau perlengkapan uji (*test rigs*), digunakan untuk pelayanan pesawat, yang mahal ditandai dengan jenis cairan yang dikandungnya.

Skydrol

Skydrol adalah cairan hidraulik penerbangan yang paling canggih yang didukung oleh para ahli yang diakui dalam teknologi cairan ester pospat. Saluran skydrol dari cairan hidraulik tahan api mencakup: Skydrol 500B-4, Skydrol LD-4, dan tambahan yang terbaru, Skydrol-5.

Skydrol-5 telah dirumuskan secara khusus untuk memenuhi kebutuhan yang muncul saat ini pada model pesawat modern. Ia menawarkan satabilitas panas yang lebih tinggi, kepadatan rendah (*low density*), tahan kikisan (*erosion resistance*), meningkatkan kesesuaian cat dan suatu persediaan dasar baru yang lebih ramah pekerja.

Perkembangan Skydrol

Pada tahun 1948 perusahaan pesawat terbang Douglas dan Monsanto bekerjasama mengembangkan skydrol 7000, cairan hidraulik tahan api ester pospat yang pertama untuk memenuhi kebutuhan sehubungan dengan meningkatnya jumlah kebakaran pada cairan hidraulik pesawat.

Dengan kemajuan pada desain pesawat terbang, peningkatan kinerja cairan hidraulik adalah menjadi sangat diperlukan. Produsen spesifikasi badan pesawat terbang mendefinisikan peningkatan kinerja ini melalui sebutan tipe I, II, III, dan IV.

Sejak 1977, Skydrol LD-4 dan 500B-4 telah memnuhi tuntutan kinerja pesawat komersial.

Skydrol 5, generasi terakhir cairan hidraulik, menawarkan perbaikan pada:

- Stabilitas panas pada temperatur tinggi.
- Kehandalan komponen
- Kesesuaian kepadatan, keracunan dan cat.

Tabel 11-1 berikut ini menunjukkan kronologi perbaikan-perbaikan cairan hidraulik Skydrol dari tahun 1948 sampai dengan 1997.

Tabel 7.4
Kronologi Perkembangan Skydrol*)
(Source: EASA Part 66 Syllabus)

Jenis	Nama	Kebutuhan Industri	Dikenalkan	Dihentikan
	Skydrol 7000	Tahan Api	1948	1972
I	Skydrol 500A	Viskositas temperatur rendah	1957	1969
II	Skydrol 500B	Tahan erosi	1968	1981
III	Skydrol LD	Stabilitas panas	1970	1981
IV	Skydrol LD-4 dan 500B-4	Tahan erosi dan stabilitas panas	1977	Berlanjut
IV / V	Skydrol 5	Stabilitas temeratur tinggi, kehandalan, kepadatan rendah	1997	Berlanjut

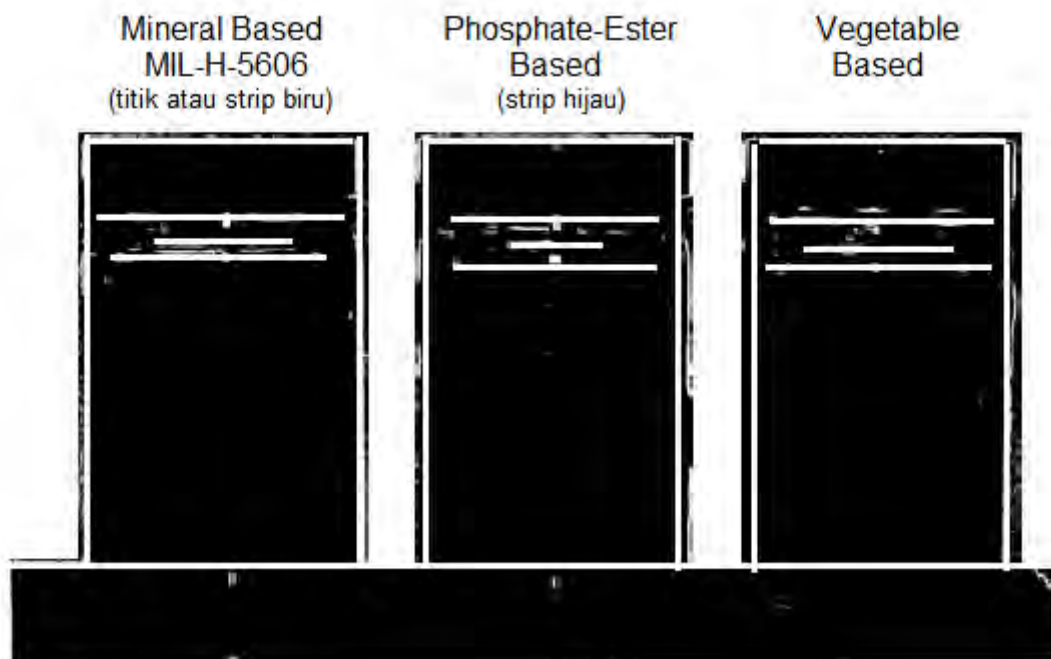
Kemampatan Cairan Hidraulik

Bertentangan dengan kepercayaan umum, cairan hidraulik akan termampatkan pada beban tekanan yang ekstrim.

Dalam sistem yang menggunakan tekanan sangat tinggi, kompresibilitas cairan dan hasil yang elastis dari komponen-komponen sistem mungkin menjadi penting. Dalam perhitungan desain suatu nilai 0,07%/MN/m^2 (0,05%/ 1000 lbf/in^2) sering digunakan untuk efek gabungan dari faktor-faktor ini, kompresibilitas cairan sebesar kira-kira 0,05%/MN/m^2 (0,035%/1000 lbf/in^2).

Penandaan cairan dan sil

Cairan hidraulik dapat dikenali dari warnanya. Cairan berbahan dasar mineral untuk spesifikasi MIL-H-5606 adalah merah, cairan berbahan dasar ester-pospat diberi warna hijau atau ungu atau oranye, dan cairan berbahan dasar nabati (*vegetable based*) berwarna kuning atau jernih (*clear*).

Adalah penting bahwa komponen-komponen karet seperti sil dan selang-selang fleksibel dapat disesuaikan atau cocok dengan cairan yang digunakan. Sil dan cinci „O" dapat dikenali dengan sebuah titik atau strip berwarna biru (jika cocok dengan cairan berbahan dasar mineral), atau strip hijau (jika cocok dengan cairan berbahan dasar ester-pospat)

Gambar 11.10 Jenis-jenis cairan hidraulik

7.3 Rangkuman 7.

Fluida yang banyak digunakan saat ini adalah dari jenis Fire Resistance Oils dan Hidraulic Mineral Oils. Untuk mengganti minyak / fluida hidraulik harus mengetahui jenis fluida yang digunakan dan sistem hidraulik tersebut digunakan di mana.

7.4 Tugas 7.

Perhatikan sebuah bengkel mobil catat alat apa saja yang menggunakan sistem hidraulik ! Buat dalam bentuk laporan pengamatan !

7.5 Tes Formatif 7.

1. Bagaimana menyimpan fluida hidraulik yang baik?
2. Bila resistansi bahaya kebakaran yang tinggi dan keselamatan pekerja diutamakan, fluida hydraulic apa yang kita gunakan?

7.6 Kunci Jawaban Tes Formatif 7.

1. Menyimpan fluida yang baik adalah:
   a. Simpanlah fluida dalam drum dan tempatkan di bawah atap
   b. Sebelum mebuka drum bersihkan dahulu permukaan drum
   c. Untuk mengambil fluida dari drum gunakan jerigen (tempat),selang yang bersih dan saringan.
   d. Perhatikan kelembaban udara pada ruangan penyimpanan
2. Fire Resistance Oils

7.7 Lembar Kerja Peserta Didik 7.

Tujuan:

1. Dapat melakukan pemeriksaan rutin/ berkala pada sistem hidraulik
2. Dapat melakukan perawatan secara rutin/ berkala pada sistemhidraulik

Alat dan Bahan:

1. Alat – alat tangan (*hand tool*)
2. Kain pembersih (majun)
3. Cairan pembersih
4. Sebuah cermin kecil

Keselamatan Kerja:

1. Pastikan Sistem rem bekerja dengan baik atau engine dalam keadan mati.
2. Pastikan tidak ada minyak/ fluida hidraulik yang tercecer dilantai.
3. Pastikan ruangan dalam keadaan bersih.
4. Selalu memperhatikan K3

Langkah kerja:

1. Bukalah semua penutup/ body yang menutupi sistem hydraulik
2. Periksalah mulai dari reservoir fluida/ minyak hidraulik, apakah kurang, cukup, berubah warna dan kekentalannya dan sebagainya.
3. Periksalah pompa hidraulik pastikan tidak ada kebocoran internal
4. Periksalah bagian actuator pastikan silinder dapat bekerja sempurna, langkah batang silinder sesuai spesifikasi.
5. periksalah sambungan–sambungan pipa atau selang
6. Periksalah keadaan pipa dan selang apakah berkarat, retak, pecah-pecah dan sebagainya.

No.	Nama Komponen yang diperiksa	Hasil Pemeriksaan	Ket.
1	Fluida/ minyak hidraulik a. jenis b. jumlah c. keadaan d. warna		
2.	Pompa hidraulik a. jenis b. keadaan c. kebocoran		
3	Aktuator a. jenis b. jumlah silinder c. keadaan silinder d. seal		
4	Pipa dan selang a. keadaan pipa b. keadaan selang c. keadaan fitting		
5	Kesimpulan hasil pemeriksaan :		

BAB III
EVALUASI

Penilaian atau evaluasi untuk mengukur tingkat kompetensi siswa harus dilakukan secara menyeluruh dan menyangkut berbagai macam aspek. Diharapkan setiap siswa bisa melakukan penilaian secara mandiri (*self assessment*) baik pada tataran atau ranah sikap (*attitude skills*), pengetahuan (*kognitive skills*), maupun pada ranah ketrampilan (*psikomotorik skills*).

A. ATTITUDE SKILLS

Dari aspek sikap, maka penilaian diharapkan bisa mengungkap sekaligus mengukur hal-hal yang berkaitan dengan karakter atau sikap kepribadian Siswa.

Instrumen penilaian attitude skills adalah seperti berikut:

INSTRUMEN PENILAIAN SIKAP

(ATTITUDE SKILLS)

Nama Siswa : .... **Kelas : ....**

Petunjuk Pengisian :

1. Pada lembar penilaian ini terdapat 10 komponen yg anda nilai secara jujur. Pertimbangkan baik-baik setiap pernyataan. Berilah jawaban yang benar-benar cocok dengan kondisi anda selama satu semester ini dengan memberikan angka
2. Keterangan Pilihan jawaban : angka semakin besar menunjukan semakin BAIK

Angka	1	2	3	4	5
Arti	Amat Kurang	Kurang	Cukup	Baik	Amat Baik

No	KOMPONEN	PERNYATAAN	Menurut Anda	Menurut Guru Ybs.	Setelah direvisi
01.	Kedisiplinan	Kepatuhan terhadap tata tertib sekolah			
		Ketepatan masuk kelas			
		Keikutsertaan dalam kegiatan yg diwajibkan			
		Ketepatan saat pulang sekolah			
02.	Kebersihan	Membuang sampah pada tempatnya			
		Mencuci tangan sebelum makan			
		Membersihkan tempat kegiatan			
		Merawat kebersihan diri			
03.	Kesehatan	Tidak merokok dan minuman keras			
		Tidak menggunakan narkoba			
		Kebiasaan hidup sehat melalui aktivitas jasmani			
		Kebugaran penampilan tubuh			
04.	Tanggung jawab	Tidak menghindari kewajiban			
		Menyelesaikan tugas tepat pada waktunya			
		Memelihara fasilitas sekolah			
		Keberanian menanggung risiko			
05.	Sopan santun	Menerima nasehat guru			
		Sopan dlm berbicara dan hormat pada orang lain			
		Sopan dalam berpakaian			
		Sopan dalam posisi duduk			
06.	Percaya diri	Keberanian menyatakan pendapat			
		Keberanian bertanya			
		Keberanian menegur dengan santun			
		Keberanian mengritisi tentang sesuatu hal			
07.	Kompetitif	Berani bersaing			
		Menunjukan semangat berprestasi			
		Memiliki keinginan untuk tahu dan ingin lebih maju			
		Tegar dalam menghadapi kesulitan			

No	KOMPONEN	PERNYATAAN	Menurut Anda	Menurut Guru Ybs.	Setelah direvisi
08.	Hubungan sosial	Menjalin hubungan baik dengan guru			
		Menjalin hubungan baik dgn sesama teman			
		Kemauan menolong teman			
		Kemauan bekerjasama dlm kegiatan yang positif			
09.	Kejujuran	Menyampaikan pesan apa adanya			
		Sportifitas			
		Tidak berlaku curang			
		Tidak menyontek dalam ujian			
10.	Pelaksanaan ibadah ritual	Melaksanakan sembahyang			
		Menunaikan Ibadah puasa			
		Berdoa			
		Keikutsertaan dalam kegiatan keagamaan			

B. KOGNITIF SKILLS

INSTRUMEN TES KOGNITIF SKILLS

Program Keahlian : Teknik Pesawat Udara

Paket Keahlian : Airframe Mechanic

Mata Pelajaran : Aircraft Hydraulic & Pneumatic System

WAKTU

TES TEORI : 120 menit

TES PRAKTIK : 200 menit

A. Jawablah soal- soal berikut dengan memberi tanda silang (x) pada alternatif jawaban yang Anda anggap paling benar !

1. *Output*/keluaran dari sistem hidraulik ditunjukkan oleh ....

   a. pompa hidraulik
   b. *konduktor*
   c. *actuator*
   d. *accumulator*

2. Yang menghanyutkan *kontaminan* dari seluruh sirkuit hidraulik adalah ....

   a. *filter*
   b. *strainer*
   c. cairan hidraulik
   d. katup-katup

3. Gerak silinder maju mundur atau gerak motor hidraulik putar kanan atau putar kiri diatur oleh ....

   a. *pressure controll valve*
   b. *directional controll valve*
   c. *flow control valve*
   d. *relief valve*

4. Kecepatan gerak actuator diatur oleh ....

   a. *flow control valve*
   b. *chek valve*
   c. *directional controll valve*
   d. *filter*

5. Berikut ini berfungsi untuk memisahkan kontaminant dari oli ....

   a. *bufle plate*
   b. *pressure gauge*

c. pompa
d. *filter*

6. Untuk meningkatkan besar tekanan kerja hidraulik tanpa mengubah seting digunakan

a. *pressure regulator*
b. *relief value*
c. *sequence value*
d. *pressure intensifer*

7. Berikut ini adalah satuan vikskositas oli kecuali

a. *Saybolt Unit* (*SB*)
b. Derajat engler (^{0}E)
c. Derajat Kelvin (^{0}K)
d. Centi Stoke (cST)

8. Untuk mengukur besar viskositas suatu cairan digunakan alat berikut ini

a. *ball viscometer*
b. *firo meter*
c. *mano meter*
d. *higro meter*

9. Penunjukkan tekanan pada pressure gauge adalah 290 Psi. Tekanan tersebut berarti

a. 200 kPa
b. 20 kg/cm2
c. 20 bar
d. 1520 cmHg

10. Tekanan operasional cairan hidraulik di dalam sirkuit hidraulik diatur batas maksimumnya oleh

a. *sequnce valve*
b. *reliev valve*
c. *pressure regulating valve*
d. *reducing valve*

11. *Pressure line filter* dipasang pada

a. saluran hisap
b. saluran tekan
c. saluran balik
d. saluran pemandu

12. Untuk mengatur tekanan guna mengoperasikan actuator berikutnya, digunakan katup pengatur tekanan jenis

a. *relief valve*
b. *pressure sequnce valve*
c. *pressure reducing valve*
d. *unloading relief valve*

13. Berikut ini termasuk single acting cylinder, kecuali

    a. *differential cylinder*
    b. *telescopic acting load returns the piston*
    c. *single acting returns the ram*
    d. *single acting load returns the piston*

14. Dalam penyusunan diagram sirkuit hidraulik, nomor kode berikut menunjukkan nomor kode untuk *actuator*

    a. 1.0.2.0.3.0
    b. 1.1.1.1.3.1
    c. 1.2:1.3:2.2.2.3.3.2.3.3.
    d. 0.1:0.2:0.3:

15. Untuk mengatur tekanan guna mengoperasikan actuator berikutnya, digunakan katup pengatur tekanan jenis

    a. *relief valve*
    b. *pressure sequnce valve*
    c. *pressure reducing valve*
    d. *unloading relief valve*

16. Berikut ini termasuk kegiatan pemeliharaan berkala kecuali

    a. memeriksa dan menyetel kembali baut/mur yang kendor
    b. menyetel bagian-bagian yang sliding
    c. meluruskan poros yang bengkok karena beban lebih
    d. mengganti cairan hidraulik

17. Katup-katup hidraulik adalah konstruksi yang presisi. Maka oli yang masuk harus sangat bersih, oleh karena itu pada saluran yang masuk ke katup perlu dipasang

    a. *strainer*
    b. *filter*
    c. *fine filter*
    d. *course filter*

18. Salah satu tanda adanya kerusakan pada mesin adalah

    a. Timbulnya getaran yang berlebihan
    b. Adanya kelebihan beban
    c. Suara mesin yang nyaring
    d. Mesin bergerak cepat

19. Kegiatan pemeliharaan untuk mencegah laju kerusakan disebut

    a. *Preventif maintenance*
    b. *Corectif maintenance*
    c. *Predictive maintenance*
    d. *Emergency maintenance*

20. Berikut ini termasuk kegiatan rutin *maintenance* kecuali

    a. pencegahan beban lebih
    b. pelumasan
    c. penggantian oli
    d. menjaga kebersihan mesin dan lingkungan

21. Mempersiapkan alat dan bahan pemeliharaan termasuk kegiatan

    a. Pemeliharaan harian
    b. Pra pemeliharaan
    c. Pemeliharaan berkala
    d. Pemeliharaan prediktif

22. Kegiatan pemeliharaan yang memperkirakan umur suatu komponen disebut

    a. *Periodic maintenance*
    b. *Predictive maintenance*
    c. *Shut down maintenance*
    d. *Running maintenance*

23. Mediagnosa kerusakan berarti

    a. Memperbaiki kerusakan
    b. Menambah kerusakan
    c. Mencari atau menemukan kerusakan
    d. Menganalisis kerusakan

24. Kerusakan pada suatu mesin dapat terjadi disebabkan oleh

    a. pembebanan
    b. pendinginan
    c. pengoprasian yang rutin
    d. pelumasan yang tidak sempurna

25. Kebocoran pada sirkuit hidraulik biasa terjadi pada

    a. bodi silinder hidraulik
    b. selang hidraulik
    c. pada sambungan pompa
    d. tangki hidraulik

26. Pompa tidak memompa (tidak mengalirkan oli) karena hal-hal berikut

    a. Pompa terlalu kecil
    b. Jarak antara pompa dan aktuator terlalu jauh
    c. Putaran pompa terbalik
    d. Filter oli tidak dipasang pada saluran hisap

27 Berikut ini termasuk yang dikatakan internal leakage (kebocoran dalam)

    a. Kebocoran antara piston dan tabung silinder hidraulik
    b. Kebocoran pada konektor
    c. Kebocoran tangki hidraulik

d. Kebocoran pada gasket motor hidraulik

28. Memisahkan mesin/pesawat yang akan di *overhaul* dari mesin-mesin/pesawat yang lain menuju bengkel *overhaul* disebut

a. lokalisasi
b. labelisasi
c. eleminasi
d. partisi

29. Safe working load suatu selang adalah 6000 psi, bila angka keamanan 4 maka burst pressure (tekanan pecah) adalah

a. 1500 psi.
b. 4000 psi.
c. 8000 psi
d. 16000 psi

30. Dalam perhitungan jumlah oli yang melewati selang diameter yang diperhitungkan adalah

a. diameter luar
b. diameter dalam
c. diameter tengah
d. jumlah diameter

B. Jawablah soal-soal berikut ini dengan memberikan isian pada titik – titik yang ada

1. Keuntungan penggunaan cairan hidraulik dengan viskositas rendah antara lain ……….…

2. Setelah diagnosa kerusakan dilakukan, maka komponen yang diperkirakan rusak kemudian dibongkar (*desmantling*), diperiksa dibagian mana yang rusak dan apa jenis kerusakannya. Kegiatan ini disebut ……………………….

3. Dalam perencanaan perbaikan berikut ini perlu dilakukan (direncanakan)

a. ……………………………………………………
b. ……………………………………………………
c. …………………………………………………….

4. Perbaikan menyeluruh kerusakan yang diakibatkan oleh keausan karena lamanya pemakaian disebut …………………………………..……….

5. Dalam melaksanakan perbaikan suatu mesin/pesawat, di samping memerlukan tenaga ahli juga memerlukan …………………………………

6. Hal-hal berikut ini menyebabkan terjadinya kerusakan/keausan pada komponen – komponen yang bergerak:

   a)………………………………………………….

   b)………………………………………………….

   c)………………………………………………….

7. *Overheating* (peningkatan suhu yang berlebihan) pada sistem hidraulik disebabkan oleh:

   a)…………………………………………………

   b)…………………………………………………

   c)…………………………………………………

8. Apabila terjadi kebocoran dalam (*internal leakage*) pada *relief valve* maka oli secara tidak sengaja akan terlepas ke tangki, dengan demikian tekanan operasional oli akan ……………………………………….………..

9. Kecepatan gerak aktuator terlalu lamban salah satu penyebabnya ialah karena viskositas oli …………………………………..…………………….

10. Yang berikut ini termasuk bagian-bagian dari tangki hidraulik:

    a)…………………………………………..

    b)…………………………………………..

    c)……………………………………………

11. Orang yang bekerja di bengkel hidraulik perlu mengenakan alat-alat keselamatan kerja seperti:

    a)……………………………………………

    b)…………………………………………..

    c)……………………………………………

12. Sikap cermat dan hati-hati dalam melaksanakan bongkar pasang dan perbaikan komponen sangat diperlukan untuk menghindarkan kehilangan komponen, kekeliruan pasang, kelambatan pasang karena komponen bercampur baur dan sebagainya. Sikap tersebut antara lain:

    a)……………………………………………

    b)…………………………………………..

c)……………………………………………

13. Penilaian / pengujian hasil perbaiakan yang selalu dilakukan setelah selesainya perbaikan atau *overhaul* suatu mesin adalah

    a)……………………………………………

    b)…………………………………………..

    c)……………………………………………

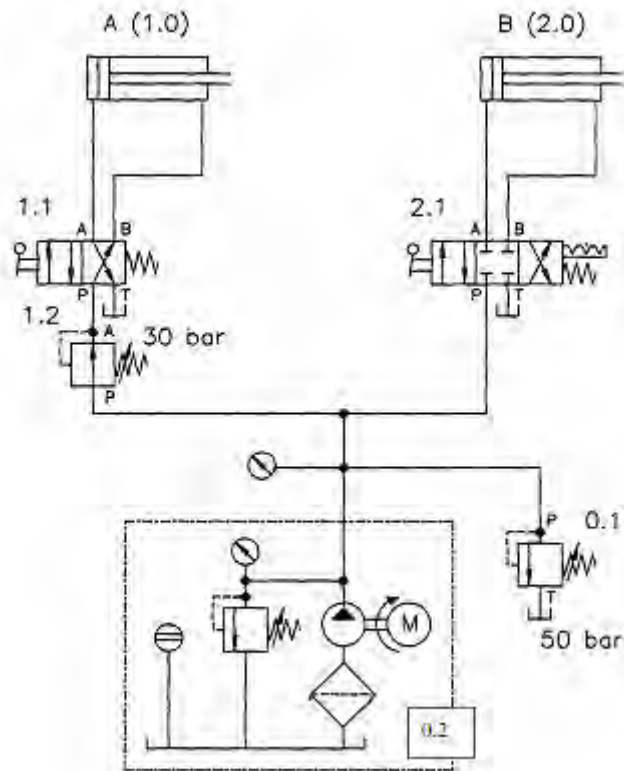
14. Perangkat administrasi pemeliharaan yang perlu diperbaharui setelah recommisioning hasil *overhaul* adalah ……………………………………..…

15. Verifikasi hasil *overhaul* pada prosedur recommisioning perlu dilakukan. Yang dimaksud verifikasi adalah ……………………………….……….

C. Kerjakanlah soal berikut sesuai dengan perintahnya!

Perhatikanlah diagram sirkuit hidraulik berikut ini, kemudian :

a) Sebutkan nama-nama komponen yang digunakan pada sirkuit!

b) Jelaskan dengan singkat cara kerjanya!

C. KUNCI JAWABAN KOGNITIF SKILLS

A. Multiple choice

1. a b **c** d
2. a b **c** d
3. a **b** c d
4. **a** b c d
5. a b c **d**
6. a b c **d**
7. a b **c** d
8. **a** b c d
9. a b **c** d
10. a **b** c d

11. a **b** c d
12. a **b** c d
13. **a** b c d
14. **a** b c d
15. a b **c** d
16. a b **c** d

17. a b **c** d
18. **a** b c d
19. **a** b c d
20. a b **c** d

21. a **b** c d
22. a **b** c d
23. a b **c** d
24. a b c **d**
25. a b **c** d
26. a b **c** d
27. **a** b c d
28. a b **c** d
29. **a** b c d
30. a **b** c d

B. Short answers essay

1. transfer tenaga lebih cepat.

2. analisis kerusakan.

3. a). biaya perbaikan b). tenaga ahli c). tempat / bengkel d). jadwal

4. *overhaul*.

5. peralatan perbaikan yang memadai.

6. a). kurang pelumasan, b).kotoran yang menggesek, c).misalignment,

7. a). gesekan b). oli terlalu kental, c). tekanan terlalu tinggi, d). kebocoran

8. turun/rendah.

9. terlalu tinggi.
10. a) bufleplate, b) sight glass, c) lubang servis, d) saluran pengisi
11. a) safety shoes, b) pakaian kerja, c) kaca mata, d) helmet
12. a) komponen yang habis dibongkar ditata rapi berurutan, b) memberi label, c) memisahkan dari komponen mesin yang lain
13. a) uji tampak, b) uji fungsi, c) uji coba (pembebanan), d) geometri

14. kartu mesin sebagai maintenance record.

15. Pengetesan kembali hasil perbaikan/*overhaul* yang dilaksanakan di tempat di mana mesin akan digunakan seperti halnya pengujian sewaktu selesai perbaikan di bengkel perbaikan.

C. Essay.

a. Nama-nama komponen hidraulik

A (1.0) dan B (2.0) = Silinder hidraulik kerja ganda

1.1 = Katup pengarah 4/2 penggerak manual pembalik pegas

1.2 = Pressure reducing valve

2.1 = Katup pengarah 4/3 penggerak manual pembalik pegas dengan detent.

0.1 = Relief valve

0.2 = Unit tenaga

b. Cara kerja sirkuit hydraulic

Apabila motor penggerak dihidupkan pompa hydraulic aktif dan meng-alirkan oli keseluruh sirkuit dengan tekanan 50 bar. Untuk silinder a tekanan diturunkan oleh katup 1. 2 menjadi 30 bar.

Apabila katup 1.1 dioperasikan maka silinder a bergerak maju dan apa-bila liver dilepas posisi katup kembali semula oleh pegas maka oli akan mengalir dari V ke B untuk mendorong piston mundur.

Apabila katup 2.1 dioperasikan ke kiri kemudian dikunci maka silinder B akan bergerak maju dengan tekanan 50 bar.

Apabila katup 2.1 dioperasikan ke kanan kemudian dikunci maka silin-der B akan bergerak mundur.

Apabila posisi katup 2.1 ditengah silinder B tidak Bekerja.

D. PSIKOMOTORIK SKILLS

INSTRUMEN TES PRAKTIK (*PERFOMANCE TEST*)

Waktu Tes Praktik : 200 menit

Laksanakan perbaikan komponen dan/atau servis komponen berikut ini dengan melakukan bongkar pasang dan pengujian kembali hasil bongkar pasang!

Catatan :Test praktik dapat disesuaikan dengan keadaan bengkel masing-masing.

Komponen yang digunakan sebagai sample tes praktik:

1. Bongkar pasang pompa hidraulik.
2. Servis tangki hidraulik dan filter.

Untuk melaksanakan penilaian praktik (*psikomotorik skills*) digunakan lembar penilaian berikut:

E. LEMBAR PENILAIAN TES PRAKTIK (KETERAMPILAN)

Program Keahlian : Teknik Pesawat Udara
Paket Keahlian : Airframe Mechanic (022)
(Aircraft Hydraulic & Pneumatic System)
Mata Ujian Praktik : Bongkar-pasang (*Overhaul*) Pompa

No.	Aspek yang dinilai	Aspek Kritis	Hasil yang dicapai	
			Ya	Tidak
1.	Persiapan • Alat bongkar pasang • Bahan			
2.	Langkah bongkar (desmantling) • Urutan membongkar • Membersihkan komponen • Meletakkan komponen	 ....K.........		
3.	Pemeriksaan kerusakan • Ketepatan memeriksa • Ketepatan penyimpulan	 ....K......... ....K.........		
4.	Perbaikan/penggantian • Ketepatan pemilihan komponen • Kebenaran menu;lis spesifikasi	 ....K......... ....K.........		
5.	Perakitan kembali • Urutan merakit komponen • Kebenaran memasang • Pemeriksaan rakitan	 ....K......... ....K......... ....K.........		
6.	Pengujian hasil perbaikan • Uji fisik/ uji tampak • Uji fungsi • Uji coba dengan beban	 ....K......... ....K.........		
7.	Penggunaan alat dan bahan • Ketepatan penggunaan alat • Ketepatan penggunaan bahan • Metoda penggunaan alat • Kehematan penggunan bahan	 ....K......... ....K......... ....K.........		
8.	Sikap kerja			

No.	Aspek yang dinilai	Aspek Kritis	Hasil yang dicapai	
			Ya	Tidak
	• Menggunakan alat keselamatan kerja • Bekerja dengan aman • Memelihara alat-alat kerja • Menjaga lingkungan bersih, tertib, aman, dan sehat	........K......... ....K.........		

Catatan :

Aspek kritis harus lulus (ya), total pencapaian minimum 75%

LEMBAR PENILAIAN KETERAMPILAN

Program Keahlian : **Konstruksi Rangka Pesawat Udara**

Mata Ujian Praktik : **Servis Tangki Hidraulik dan Filter**

No.	Aspek yang dinilai	Aspek Kritis	Hasil yang dicapai	
			Ya	Tidak
1.	Persiapan • Alat bongkar pasang • Bahan			
2.	Langkah bongkar (desmantling) • Urutan membongkar • Membersihkan komponen • Meletakkan komponen	 ....K.........		
3.	Pemeriksaan kerusakan • Ketepatan memeriksa • Ketepatan penyimpulan	 ....K......... ....K.........		
4.	Perbaikan/penggantian • Ketepatan pemilihan komponen • Kebenaran menulis spesifikasi	 ....K......... ....K.........		
5.	Perakitan kembali • Urutan merakit komponen • Kebenaran memasang • Pemeriksaan rakitan	 ....K......... ....K......... ....K.........		
6.	Pengujian hasil perbaikan • Uji fisik/ uji tampak • Uji fungsi • Uji coba dengan beban	 ....K......... ....K.........		
7.	Penggunaan alat dan bahan • Ketepatan penggunaan alat • Ketepatan penggunaan bahan • Metoda penggunaan alat • Kehematan penggunan bahan	 ....K......... ....K......... ....K.........		
8.	Sikap kerja • Menggunakan alat keselamatan kerja • Bekerja dengan aman	 ....K......... ....K.........		

<table>
<tr><th rowspan="2">No.</th><th rowspan="2">Aspek yang dinilai</th><th rowspan="2">Aspek Kritis</th><th colspan="2">Hasil yang dicapai</th></tr>
<tr><th>Ya</th><th>Tidak</th></tr>
<tr><td></td><td>• Memelihara alat-alat kerja
• Menjaga lingkungan bersih, tertib, aman, dan sehat</td><td>...................
...................</td><td></td><td></td></tr>
</table>

Catatan :

Aspek kritis harus lulus (ya), total pencapaian minimum 75%

PENUTUP

Perlu ditekankan sekali lagi bahwa pekerjaan yang dilakukan dibidang *maintenance & repair* pesawat udara harus mengikuti *SOP* (*Standard Operating Prosedure*) dan mutlak harus merujuk pada manual yang dikeluarkan oleh fabrikan yang umumnya menyertai produk yang dikeluarkan sebagai komponen atau sub komponen pesawat.

Demikian juga untuk pemeliharaan dan perbaikan komponen hidraulik maupun pneumatik yang digunakan pada pesawat udara harus selalu mengikuti pedoman tertulis yang ada pada manual pemeliharaan dan perbaikan pesawat udara yang bersangkutan.

Dengan telah selesainya mempelajari buku teks bahan ajar ini diharapkan siswa telah memiliki keterampilan dan pengetahuan dasar yang cukup memadai dalam menangani pekerjaan pemeliharaan dan perbaikan sistem hidraulik maupun pneumatik pada pesawat udara, selanjutnya mudah mangadaptasi diri terhadap setiap perubahan yang terjadi di bidang industri pesawat udara. Dengan demikian diharapkan siswa bisa menjadi seorang mekanik atau teknisi yang kompeten dan memiliki daya saing tinggi dan mudah menyesuaikan diri terhadap dinamika perkembangan dan inovasi di industri penerbangan.

Sikap profesional diharapkan juga menjadi budaya kerja bagi setiap siswa yang telah mempelajari buku teks bahan ajar ini dengan senantiasa mengaplikasikan konsep *what, why, when, where*, dan *how* dalam menangani pekerjaan dan kehidupan profesinya sehari-hari.

Semoga setiap siswa yang mempelajari secara tuntas buku ini, bisa menjadi seorang teknisi atau mekanik di bidang perawatan dan perbaikan hidraulik dan pneumatik khususnya di bidang perawatan dan perbaikan sistem hidraulik dan pneumatik pada pesawat udara. Amien.

DAFTAR PUSTAKA

Andrew Parr MSc, 2003, *Hidrolika dan Pneumatika Pedoman untuk Teknisi dan Insinyur*,Jakarta, Erlangga

A Schmitt, 1980, *Hydraulik Trainer*,Jakarta , G.L. Rexroth GmbH, Lohr am Main,PT Rexroth Wijayakusuma.

Club66pro.com, 2010 , *EASA PART 66*, www.airtechbooks.com

D. Markk, B. Scharader, M. Thomes, 1990, *Hydraulics (Basic Level TP 501).* Festo Didactic, Esslingen.

Hadi Soewito Drs, 1992, *Pelumas dan Pelumasan*, Bandung, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah, PPPG Teknologi, Bandung, Indonesia.

H. Meixner/R.Kobler, 1988, *Maintenance of Pneumatic Equipment and System*, Esslingen, Festo Didactic.

J.P. Hasenbuik, R. Kobler, 1989, *Fundamentals of Pneumatic Control Engineering*, Esslingen, Festo Didactic.

P. Crosser, 1989, *Pneumatic Text Book (Basic Level)*, Esslingen, Festo Didactic

P. Crosser, I. Thomson, 1991, *Electro Hydraulic Text Book*, Esslingen, Festo Didactic

Peter Patrient, Roy Pickup, Normal Powel, 1985, *Pengantar Ilmu Teknik Pneumatika*, Jakarta , PT Gramedia.

Peter Rokner, 1984, *Industrial Hydraulic Control*, Melbourne, ----------.

Sperry Vickers, ----------, *Industrial Hydroulic Manual*,----------, ----------

Sugihartono, Drs., 1988, *Sistem Kontrol dan Pesawat Tenaga Hidrolik*, Bandung, Tarsito

Sularso, Haruo Tahara, 1991, *Pompa dan Kompresor*, Jakarta, PT Pradnya Paramita

Texo S.r.I, 1998, *Manual Book Texo Sollevatori*, Cappelle Sul Tavo (PE), Italy.

Thomas Krist, Dines Ginting, 1993, *Dasar-Dasar Pneumatik*, Jakarta , Penerbit Erlangga.

Toyota Astra Motor, 1992, *Teknik- Teknik Servis Dasar: PemeliharaanBerkala*, Jakarta, PT Toyota Astra Motor

Toyota Astra Motor, 1994, *Training Manual steering System Step 2*, Jakarta, PT Toyota Astra Motor.

U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, 2008, *Aviation Maintenance Technician Handbook—General,* Oklahoma, AFS-630, P.O. Box 25082.

Werner Deppert, Kurt Stoll, 1987, *Pneumatic Control*, Wurzburg, Vogel-Verlag

----------, 1982, *Fluid Power 2*, Ohio, Parker-Hanafin-Cooparation.